

**ZEOLIT ALAM SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM
ALUMINIUM DALAM AIR KOLAM RENANG UNY
DENGAN METODE ADSORPSI KOLOM**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian
Persyaratan guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains**



**Oleh :
Siti Kholifah
NIM 12307144036**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Zeolit Alam sebagai Adsorben Ion Logam Aluminium dalam Air Kolam Renang UNY dengan Metode Adsorpsi Kolom” yang disusun oleh Siti Kholifah, NIM 12307144036 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Disetujui pada tanggal

17 Juni 2016



Yogyakarta, 17 Juni 2016

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir Skripsi

Dosen Pembimbing

Program Studi

Drs. Jaslin Ikhsan, M.App. Sc., Ph.D

NIP. 19680629 199303 1 001

Dr. Suyanta

NIP. 19660508 199203 1 002

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Siti Kholifah

NIM : 12307144036

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

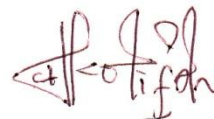
Judul Penelitian : Zeolit Alam sebagai Adsorben Ion Logam Aluminium
dalam Air Kolam Renang UNY dengan Metode Adsorpsi
Kolom

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaansaya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, ... Juli 2016

Yang menyatakan,



Siti Kholifah

NIM 12307144036

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Zeolit Alam sebagai Adsorben Ion Aluminium dalam Air Kolam Renang UNY dengan Metode Adsorpsi Kolom” yang disusun oleh Siti Kholifah, NIM 12307144036 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 13 Juli 2016 dan dinyatakan lulus.

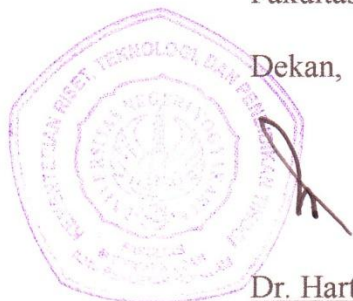
DEWAN PENGUJI

Nama Lengkap	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Suyanta	Ketua Penguji		20/07/2016
NIP. 196605081992031002			
Sulistyani, M.Si	Sekretaris Penguji		21/07/2016
NIP. 1980011032009122001			
Dr. Siti Sulastri, MS	Penguji Utama		21/07/2016
NIP. 195112191978032001			
Endang Dwi Siswani, MT	Penguji Pendamping		19/07/2016
NIP. 195411201987022001			

Yogyakarta, 22 Juli 2016

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dekan,



Dr. Hartono, M.Si

NIP. 19620329 198702 1 002

MOTTO

Kemarin adalah mimpi yang berlalu , hari ini adalah kenyataan dan esok hari
adalah cita-cita yang indah.

Kegagalan adalah sesuatu yang patut disyukuri karena kita bisa belajar dari
kegagalan tersebut.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah , segala puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT atas ridho

Nya saya dapat menyelesaikan amanah dari orang tua

Terimakasih kepada orang tua saya , Ibu Sri Utami dan Bapak Baiman yang senantiasanya selalu memberikan motivasi , doa dan kasih sayang yang tiada henti.

Kakak saya, Muhammad Ngudiyana dan Winarsih yang telah memberikan dukungan secara moril dan materiil .

Sahabat-sahabat saya, Kak Ros , Manda ,Mba Utha , Ipeh, Reni, Navin, Endah, Dessy . Terimakasih atas segala kenangan selama ini.

My Best Partner , mak Cerry Reggiani Catri dan lik Risanto Nugroho.

Terimakasih atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian hingga terselesainya laporan ini.

Teman – teman Kimia Swadana 2012, terimakasih atas kebersamaan dan bantuannya selama perkuliahan ini.

ZEOLIT ALAM SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM ALUMINIUMDALAM AIR KOLAM RENANG UNY DENGAN METODE ADSORPSI KOLOM

Oleh :

Siti Kholifah
123071414036

Pembimbing Skripsi : Dr. Suyanta

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas zeolit alam sebagai media penyerap ion logam aluminium dalam air kolam renang yaitu mengetahui pengaruh ukuran dan waktu kontak zeolit terhadap efektivitas zeolit untuk mengadsorpsi ion logam aluminium.

Subjek penelitian ini adalah zeolit alam dengan variasi dua ukuran yaitu zeolit 10 mesh (zeolit A) dan zeolit 5 mesh (zeolit B). Objek penelitian ini adalah penurunan konsentrasi ion aluminium dalam air kolam renang setelah diberi perlakuan zeolit. Uji parameter konsentrasi aluminium terhadap kedua ukuran zeolit dilakukan 30 menit sekali secara teratur selama 120 menit. Efektivitas zeolit alam sebagai adsorben dilihat dari nilai efisiensi penjerapan yaitu perbandingan antara konsentrasi ion logam aluminium yang teradsorpsi dengan konsentrasi ion logam aluminium mula-mula. Konsentrasi adsorbat (ion logam aluminium) ditentukan menggunakan *Inductively Coupled Plasma* (ICP).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas zeolit terhadap ion logam aluminium sangat rendah (tidak efektif). Zeolit A (10 mesh) mampu menurunkan konsentrasi aluminium hingga -0,558% sedangkan zeolit B (5 mesh) hingga 6,84%. Ukuran zeolit cenderung tidak memperlihatkan pengaruh yang signifikan. Waktu paling efektif zeolit dapat menyerap ion logam aluminium adalah menit pertama. Air yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu air kolam renang sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 yaitu konsentrasi aluminium kurang dari 0-0,2 mg/L.

Kata kunci : zeolit alam, efektivitas, ion logam aluminium

NATURAL ZEOLITES AS ALUMINIUM ADSORBENTS IN UNY'S SWIMMING POOL WATER WITH ADSORPTION COLUMN METHOD

By :

Siti Kholifah
NIM 12307144036

Supervisor : Dr. Suyanta

ABSTRACT

This research aims for determining the effectiveness of zeolite as aluminium ions adsorbents media in swimming pool water, determining the effect of particle size on the effectiveness of the zeolite and after a certain usage period to removal aluminium ions.

The subject of this research is natural zeolites with two size variation, 10 mesh (zeolite A) and 5 mesh (zeolite B). The research object is reduction of aluminium ions in swimming pool water treatment using zeolites. Test parameter of aluminium's ions concentration to two size of zeolites is done one of 30 minutes for 120 minutes. The effectiveness of natural zeolite based on the adsorption efficiency value which is counted as the ratio of adsorbed aluminium ions concentration and initial aluminium ions concentration. Concentration of adsorbate (aluminium ions) is determining using *Inductively Coupled Plasma* (ICP).

The results showed that the adsorption capability of zeolite to the aluminum ions is very low (ineffective). Zeolite A (10 mesh) able to reduce aluminum ions to -0.558 % while the zeolite B (5 mesh) to 6.84% . The zeolite particles size tend didn't influence the adsorption capacity . The most effective time of the zeolite can adsorb aluminum metal ion is first minute. Water generated not meet swimming pool water quality standards set by Minister of Health Regulation No. 416 / MEN.KES / PER / IX / 1990 that Aluminium less than 0-0.2 mg / L .

Key word : natural zeolit, effectiveness, aluminium ions

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan ridho-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Zeolit Alam sebagai Adsorben Ion Aluminium dalam Air Kolam Renang dengan Metode Adsorpsi Kolom”.

Penyusunan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta. Penyelesaian penulisan skripsi ini tidak terlepas dari pihak-pihak yang telah membantu penulis. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Rochmat Wahab, M.A, Rektor Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan naungan kepada seluruh aktivitas akademika termasuk penulis.
2. Bapak Dr. Hartono, M.Si selaku Dekan FMIPA UNY beserta seluruh staff atas segala fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi termasuk penulis.
3. Bapak Drs. Jaslin Ikhsan, M.App. Sc., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Pendidikan Kimia sekaligus Ketua Program Studi Kimia yang telah memberikan izin penelitian ini.

4. Bapak Dr. Suyanta selaku pembimbing sekaligus yang telah menyediakan fasilitas, memberikan bimbingan, arahan, dan kesabaran dari awal sampai akhir penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dra Eddy Sulistyowati, Apt.MS selalu pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberi nasehat selama perkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Ibu Dr. Siti Sulastri MS selaku penguji utama yang telah memberikan saran dan bimbingan
7. Dosen-dosen Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA UNY yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
8. Teman-teman Kimia E 2012 atas semangat yang telah diberikan kepada penulis.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan laporan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulisan sangat mengharapkan saran dan kritik yang dapat menjadi masukan untuk perbaikan dan pengembangan penulisan laporan-laporan ilmiah selanjutnya.

Yogyakarta, ...Juli 2016

Penulis

Siti Kholifah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I.PENDAHULUAN.....	1
A.Latar Belakang Masalah.....	1
B.Identifikasi Masalah	4
C.Batasan Masalah.....	5
D.RumusanMasalah	5
E.TujuanPenelitian.....	6
F.ManfaatPenelitian	6
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	7
A.DeskripsiTeori.....	7
1.Air Kolam Renang	7
2.Aluminium	9
3.Zeolit.....	9
4.Adsorpsi	16
5.Inductively Coupled Plasma (ICP)	19
B.Penelitian yang Relevan	26
C.KerangkaBerpikir	27
BAB III. METODE PENELITIAN	29

A.Subjek dan Objek Penelitian	29
1.Subjek Penelitian	29
2.Objek Penelitian.....	29
B.Variabel Penelitian	29
1.Variabel bebas.....	29
2.Variabel kontrol	29
3.Variabel terikat	29
C.Instrumen Penelitian	30
1.Alat-alat yang digunakan	30
2.Bahan-bahan yang digunakan.....	31
D.Rangkaian Alat	31
E.Prosedur Penelitian.....	31
1.Penyiapan Zeolit sebagai Adsorben.....	31
2.Interaksi Zeolit sebagai Adsorben dengan Ion Aluminium dalam Air Kolam Renang Universitas Negeri Yogyakarta.	32
3.Pengujian Parameter Air Kolam Renang Sesuai Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan.....	32
4.Teknik Analisis Data	36
BAB IV.HASIL DAN PEMBAHASAN	37
A.Hasil Penelitian	37
1.Hasil Uji Parameter Air Kolam Renang	37
2.Hasil Uji Parameter Aluminium	38
B.Pembahasan.....	40
1.Uji Parameter Air Kolam Renang.....	43
2.Penurunan Kadar Ion Logam Aluminium	48
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
A.KESIMPULAN	55
B.SARAN.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Daftar Persyaratan Air Kolam Renang	8
Tabel 2.	Kondisi Analisis Aluminium dalam ICP.....	21
Tabel 3.	Limit Deteksi Aluminium untuk beberapa instrumen.....	21
Tabel 4.	Data Uji Parameter Sampel Air Kolam Renang.....	38
Tabel 5.	Hasil Uji Konsentrasi Aluminium dalam Sampel Air Kolam Renang yang diberi Perlakuan oleh Zeolit A.....	39
Tabel 6.	Hasil Uji Konsentrasi Aluminium dalam Sampel Air Kolam Renang yang diberi Perlakuan oleh Zeolit B.....	39
Tabel 7.	Data Intensitas Larutan Standar.....	61
Tabel 8.	Data Konsentrasi Ion Aluminium dalam Sampel Air Kolam Renang pada Variasi Ukuran Zeolit dan Waktu Kontak.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Unit Penyusun Zeolit.....	11
Gambar 2.	Pemanasan Zeolit Terhidrasi Untuk Menjadikan Zeolit Terdehidrasi.....	12
Gambar 3.	Zeolit sebagai Adsorben.....	13
Gambar 4.	Pertukaran Ion pada Zeolit.....	14
Gambar 5.	Zeolit sebagai Katalis.....	15
Gambar 6	Zeolit sebagai Penyaring.....	16
Gambar 7.	Skema Rangkaian Alat.....	31
Gambar 8.	Hubungan konsentrasi dan adsorbansi.....	36
Gambar 9.	Rangkaian Alat Adsorpsi Air Kolam Renang.....	41
Gambar 10.	Zeolit A (10 mesh).....	42
Gambar 11.	Zeolit B (5 mesh).....	42
Gambar 12.	Grafik Efisiensi Adsorpsi Aluminium oleh Zeolit A dan B pada Variasi Waktu Kontak.....	51
Gambar 13.	Kurva Larutan Standar Al.....	61

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Olahraga merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjaga kebugarantubuh. Salah satu olahraga yang banyak diminati oleh masyarakat adalah renang. Olahraga renang memberikan manfaat yang baik dari segi fisik maupun psikologis. Selain mampu berkontribusi untuk menjaga kesehatan tubuh, renang juga dapat digunakan untuk terapi kesehatan seperti melatih pernapasan.

Air yang digunakan untuk air kolam renang merupakan air hasil olahan yang masih mengandung logam-logam yang tidak diinginkan. Selain itu air kolam renang ditambahkan dengan tawas yang berfungsi untuk menjernihkan dan kaporit yang berfungsi untuk menghilangkan bakteri yang ada dalam air.

Penggunaan bahan tambahan pada air kolam renang seringkali tidak menggunakan aturan pakai, sehingga apabila terlalu berlebihan maka akan menimbulkan masalah. Salah satunya adalah penggunaan tawas yang berlebihan akan menyebabkan terdapat kandungan ion aluminium tinggi dalam air kolam renang tersebut.

Tawas adalah bahan kimia yang digunakan untuk proses penjernihan air. Fungsi tawas sebagai bahan penggumpal padatan-padatan yang terlarut dalam air. Tawas mempunyai rumus kimia $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$. Aluminium dalam tawas adalah ion logam berat yang bersifat toksik apabila masuk kedalam tubuh manusia. Ion logam aluminium dalam tubuh akan diserap di dalam darah dan akan terikat sekitar 90% pada eritrosit dan sisanya berada dalam plasma. Ion logam

aluminium terdistribusi ke seluruh jaringan dan berikatan dengan pengikat logam (metalotionein) karena logam tersebut mempunyai kecenderungan untuk berikatan dengan gugus sulfidrilnya (Cheung, R. C. K., et al, 2001).

Keberadaan ion aluminium dalam air kolam renang dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit. Selain itu apabila tertelan akan bersifat toksik sehingga dibatasi keberadaannya. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan R.I No: 416/MENKES/PER/IX/1990, kadar Aluminium dalam air kolam renang yang diperbolehkan adalah 0,2 mg/L.

Air bersih merupakan syarat dari keberadaan kolam renang. Air kolam renang tersebut harus memenuhi unsur-unsur yang disyaratkan berdasarkan kesehatan. Ada 3 unsur persyaratan dari air kolam renang, ketiga unsur tersebut adalah unsur fisika, unsur kimia dan unsur mikrobiologi (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1999).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan ion logam berat antara lain netralisasi, presipitasi, pertukaran ion, biosorpsi dan adsorpsi. Adsorpsi dapat dilakukan untuk menghilangkan ion logam berat dengan menggunakan berbagai macam adsorben, diantaranya adalah zeolit, alofan, kitin-khitosan, biosorben dari spesies alga, *fly ash*, karbon aktif dan selulosa (C. Paduraru dan Tofan L., 2008).

Metode yang dapat digunakan untuk pemisahan ion logam untuk jumlah sampel yang banyak adalah teknik kolom adsorpsi sistem tabung. Dalam metode kolom adsorpsi dengan sistem alir dimana sampel dialirkan ke dalam tabung filtrasi yang berisi zeolit dan karbon aktif. Metode ini mampu menurunkan

konsentrasi ion logam Fe sebesar 98,8% dan Ca sebesar 50% (Suyanta, dkk, 2015).

Adsorpsi adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan ion logam dari air kolam renang. Adsorpsi merupakan metode dengan biaya yang ekonomis dan efektif serta prosesnya yang efisien untuk menghilangkan zat warna, logam berat, dan material atau senyawa berbahaya lainnya (Annadurai, 2002).

Proses adsorpsi dapat menggunakan berbagai macam adsorben salah satunya adalah zeolit. Zeolit merupakan padatan aluminosilikat terhidrat yang mengandung Al dan Si dengan perbandingan yang bervariasi. Hal ini menyebabkan banyaknya jenis zeolit yang terdapat di alam yang kemampuannya dalam berbagai fungsi berbeda-beda. Senyawa aluminosilikat yang terdiri dari ikatan SiO_4 dan AlO_4 tetrahedral yang dihubungkan oleh atom oksigen untuk membentuk kerangka. Pada kerangka zeolit, setiap atom Al bersifat negatif dan akan dinetralkan oleh ikatan dengan kation yang mudah dipertukarkan. Kation yang mudah dipertukarkan pada kerangka zeolit ini dipengaruhi dalam proses adsorpsi dari sifat-sifat zeolit (Ozkan dan Ulku, 2008 : 47-53).

Dalam penelitian ini digunakan zeolit sebagai adsorben. Zeolit mempunyai struktur kerangka polimer tiga dimensi dengan lorong-lorong berkesinambungan dengan ukuran tertentu. Struktur lorong pada zeolit mempunyai sifat yang karakteristik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengontrol pembebasan ion-ion logam, penyerap warna dan bau (Sukandarrumidi, 1999 : 89).

Proses adsorpsi oleh zeolit terjadi karena terjebaknya molekul adsorbat dalam rongga zeolit yang berukuran tepat untuk memerangkap molekul adsorbat. Adsorbat tersebut masuk ke dalam rongga-rongga pada permukaan zeolit dan akan terjebak ke dalam rongga zeolit yang berukuran rapat untuk menangkap adsorbat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan suatu penelitian tentang penurunan ion logam aluminium dalam kolam renang. Penelitian ini menggunakan zeolit alam sebagai adsorben dan variasi yang digunakan adalah ukuran zeolit dan waktu kontak zeolit dengan sampel.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka ada beberapa permasalahan yang layak untuk dikaji dalam sebuah penelitian, masalah-masalah yang diungkapkan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Sampel yang digunakan untuk penelitian.
2. Jenis logam pencemar dalam air kolam renang
3. Metode yang digunakan untuk menurunkan ion logam aluminium dari sampel.
4. Jenis zeolit yang digunakan sebagai adsorben ion logam aluminium dalam air kolam renang.
5. Pengaruh variasi ukuran zeolit terhadap penyerapan ion logam aluminium.
6. Pengaruh variasi waktu sirkulasi terhadap penyerapan ion logam aluminium.
7. Laju alir sampel pada kolom adsorpsi.

C. Batasan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Sampel air yang digunakan untuk penelitian adalah air kolam renang FIK UNY .
2. Jenis logam pencemar dalam air kolam renang adalah ion logam aluminium.
3. Metode yang digunakan adalah sistem adsorpsi dengan metode kolom.
4. Zeolit yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengurangi konsentrasi ion logam aluminium adalah zeolit alam dari Gunungkidul.
5. Variasi ukuran zeolit yang digunakan untuk penyerapan ion logam aluminium adalah zeolit berukuran 10 mesh dan 5 mesh.
6. Variasi waktu sirkulasi yang akan dilakukan adalah 1 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit.
7. Laju alir yang digunakan adalah 13,33 liter/menit

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana efektivitas zeolit dalam menurunkan konsentrasi ion logam aluminium dalam air kolam renang ?
2. Bagaimana pengaruh ukuran partikel zeolit terhadap efektivitas zeolit dalam mengadsorpsi ion logam aluminium dalam air kolam renang ?
3. Bagaimana pengaruh waktu sirkulasi terhadap efektivitas zeolit dalam mengadsorpsi ion logam aluminium dalam air kolam renang ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui efektivitas zeolit dalam menurunkan konsentrasi ion logam aluminium dalam air kolam renang.
2. Mengetahui pengaruh ukuran partikel zeolit terhadap efektivitas zeolit dalam mengadsorpsi ion logam aluminium dalam air kolam renang.
3. Mengetahui pengaruh waktu sirkulasi terhadap efektivitas zeolit dalam mengadsorpsi ion logam aluminium dalam air kolam renang.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini berguna untuk :

1. Memberikan informasi tentang pengembangan metode pemisahan ion logam dalam air kolam renang.
2. Dapat dijadikan referensi bagi penelitian-penelitian lain yang berhubungan dengan pemanfaatan adsorben zeolit untuk penyerapan ion logam aluminium (Al)

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Air Kolam Renang

Menurut Permenkes nomor 416/MENKES/PER/IX1990 yang dimaksud dengan air kolam renang adalah air di dalam kolam renang yang digunakan untuk olahraga renang dan kualitasnya memenuhi syarat kesehatan. Pemerintah telah memberikan rekomendasi tentang persyaratan kolam renang yang sehat dan bersih. Syarat air kolam renang diatur sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/Menkes/ Per/IX/1990 tentang kualitas air kolam renang dan keluhan kesehatan pengguna yang pada lampirannya memuat syarat kualitas air kolam renang. Salah satu aspek yang harus diawasi dari sanitasi kolam renang adalah kualitas airnya yang harus memenuhi syarat, baik secara fisik, kimia, maupun mikrobiologi (Dian Wahyu dan Retno, 2013 : 2).

Salah satu langkah pengelolaan kolam renang yang dilakukan adalah pemantauan dan interpretasi data kualitas air, mencakup kualitas fisika, kimia, dan biologi. Namun, sebelum melangkah pada tahap pengelolaan, diperlukan pemahaman yang baik tentang *terminology*, karakteristik, dan interkoneksi parameter – parameter kualitas air (Effendi. 2003: 11-12).

Air kolam renang yang tidak memenuhi syarat dapat menimbulkan berbagai penyakit dan gangguan kesehatan lainnya terhadap perenang. Diantaranya iritasi dan mata juga dapat terjadi penyakit kulit. Iritasi mata dapat terjadi karena penggunaan kaporit yang berlebihan dan air kolam renang yang

terlalu asam atau basa (pH kurang dari 7 atau lebih dari 8). Persyaratan air kolam renang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Persyaratan Air Kolam Renang

No	Parameter	Satuan	Kadar yang diperbolehkan		Keterangan
			Minimum	Maksimum	
A.	FISIKA				
1.	Bau	-	-	-	Bebas dari bau yang mengganggu
2.	Benda terapung	-	-	-	Bebas dari benda terapung
3.	Kejernihan	-	-	-	Piringan sechi yang diletakkan pada dasar kolam yang terdalam, dapat dilihat dari tepi kolam pada jarak lurus 9 meter
B.	KIMIA				
1.	Aluminium	mg/L	-	0,2	Dalam waktu 4 jam pada suhu udara
2.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	50	500	
3.	Oksigen terabsorpsi (O ₂)	mg/L	-	1	
4.	pH	-	6,5	8,5	
5.	Sisa Chlor	mg/L	0,2	0,5	
6.	Tembaga sebagai Cu	mg/L	-	1,5	
C.	MIKROBIOLOGI				
1.	Koliform total	Jumlah per 100 mL	-	0	
2.	Jumlah kuman	CFU	-	200	

(Sumber: Permenkes No 416/MENKES/PER/IX/ 1990)

Dalam air kolam renang parameter yang paling penting diperhatikan adalah pH air, karena apabila menyimpang akan menimbulkan iritasi pada mata. Proses koagulasi akan terganggu, selain itu CO₂ karena akan mengakibatkan karatan pada pipa, kesadahan berpengaruh pada daya pembersih air, zat organik

karena menandakan air kotor, H₂S karena adanya H₂S dalam air berarti sedang terjadi proses pembusukan air tercemari oleh kotoran atau sumber kotoran lainnya, air berbau, sehingga tidak memenuhi syarat fisik air.

2. Aluminium

Aluminium adalah unsur kimia dengan lambang Al mempunyai nomor atom 13. Aluminium termasuk logam paling berlimpah di bumi dan bukan merupakan jenis logam berat. Logam aluminium jarang dijumpai dalam wujud murninya.

Aluminium (Al) merupakan logam ringan yang mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan hantaran listrik yang baik. Aluminium biasa dipergunakan untuk peralatan rumah tangga, material pesawat terbang, otomotif, kapal laut dan konstruksi. Untuk peningkatan kekuatan mekanik, biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan unsur lain (Surdia, 1991)

Aluminium tidak bersifat beracun ketika terhirup, namun apabila terlalu sering kontak dengan unsur ini dalam waktu yang lama dan konsentrasi yang tinggi maka dapat menyebabkan masalah pada neuromuscular dan rangka. Pada anak-anak dapat menyebabkan gangguan pada ginjal. (Cheung, R. C. K., et al, 2001).

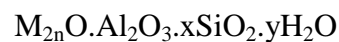
3. Zeolit

Nama zeolit berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu *zeo* (mendidih) dan *lithos* (batu). Nama ini menggambarkan sifat mineral zeolit yang

dengan cepat melepaskan air bila dipanaskan sehingga seolah-olah mendidih. Zeolit memiliki sejumlah sifat kimia maupun fisika yang menarik, diantaranya mampu menyerap (adsorpsi) zat organik maupun anorganik, sebagai penukar kation (*ion exchanger*), katalisator (*catalysit*), dan penyaring molekul berukuran halus (*molecular sieving*) (Dixon and Weed, 1989).

Mineral zeolit mengandung senyawa aluminium silikat yang memiliki struktur kerangka tiga dimensi terbentuk oleh tetrahedral AlO_4^{5-} dan SiO_4^{4-} dengan rongga di dalamnya terisi ion-ion logam biasanya alkali tanah (Na, K, Mg, Ca dan Fe) dan molekul air yang cenderung dapat bergerak bebas dalam ruang intermiliar struktur rongga. Untuk mempermudah terjadinya proses pertukaran kation-kation, padatan zeolit dibuat homogen, maka perlu dilakukan proses preparasi baik fisika maupun kimia yaitu dengan pemanasan dan atau menambahkan asam atau garam tertentu (Laeli Kurniasari, dkk, 2011 : 179).

Zeolit mempunyai rumus umum sebagai berikut :



Keterangan :

M = kation alkali atau alkali tanah

n = valensi logam alkali

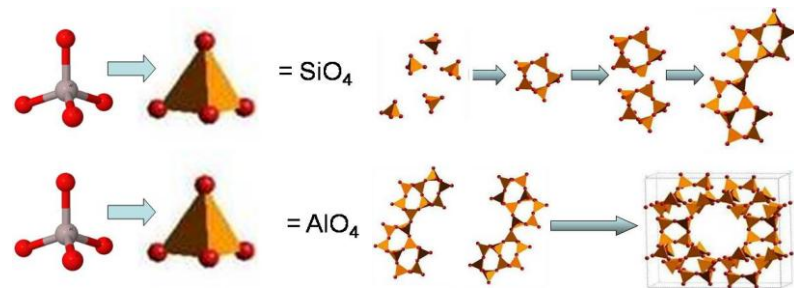
x = konstanta (2 sampai dengan 10)

y = konstanta (2 sampai dengan 7)

Diameter kanal dan pori zeolit bervariasi tergantung pada strukturnya, yaitu antara 0,3 sampai 1,3 nm. Nilai tertinggi dari luas permukaan internal dan volume pori adalah $800 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ dan $0,35 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ (Guth & Kessles, 1999 : 2-3)

Struktur zeolit mempunyai sistem mikropori yang biasanya diisi oleh kation dan air. Molekul tersebut bebas bergerak sehingga dapat disubstitusi secara *reversible* oleh molekul lain.

Unit pembentuk utama yang membangun struktur mineral zeolit adalah SiO_2 dan Al_2O_3 yang membentuk tetrahedral dimana setiap atom oksigen menempati atau berada pada keempat sudutnya. Struktur yang terbentuk adalah jaringan tiga dimensi dengan setiap atom oksigen digunakan bersama oleh dua tetrahedral seperti dalam gambar berikut ini.



Gambar 1. Unit Penyusun Zeolit (<https://ardra.biz/sain-teknologi/mineral/mineral-zeolit/>)

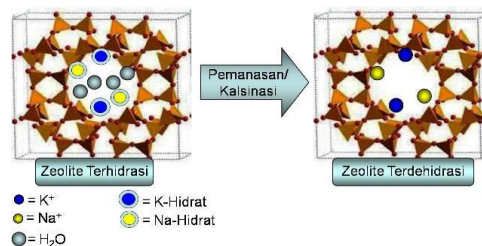
Struktur rangka utama zeolit ditempati oleh atom silikon atau aluminium dengan empat atom oksigen di setiap sudutnya. Ini merupakan sisi aktif zeolit yang menyebabkan zeolit memiliki kemampuan sebagai penukar ion, adsorben, dan katalis. Atom oksigen yang terdapat dalam struktur zeolit tersebut terbagi dua tetrahedral, sehingga membentuk suatu rangka yang bersambung. Penggantian Si^{4+} dengan Al^{3+} dalam kerangka zeolit menyebabkan kerangka bermuatan negatif. Karena Zeolit bermuatan negatif maka perlu diaktifkan terlebih dahulu dengan menggunakan kation untuk menyeimbangkan muatan. Proses pengaktifan

Zeolit dapat menggunakan asam seperti HCl atau garam seperti NaCl dan NH_4Cl (Noor Anis, dkk, 2008 : 2).

Menurut M. Sutarti dan M. Rahmawati, (1994 : 3-5) Sifat-sifat zeolit meliputi :

a. Dehidrasi

Zeolit mempunyai sifat dapat mengalami dehidrasi yaitu melepaskan molekul H_2O apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Molekul H_2O dapat dikeluarkan secara *reversibel*. Pada pori-porinya terdapat kation-kation dan atau molekul air. Bila kation-kation dan atau molekul air tersebut dikeluarkan dari pori dengan perlakuan tertentu maka zeolit akan meninggalkan pori yang kosong.



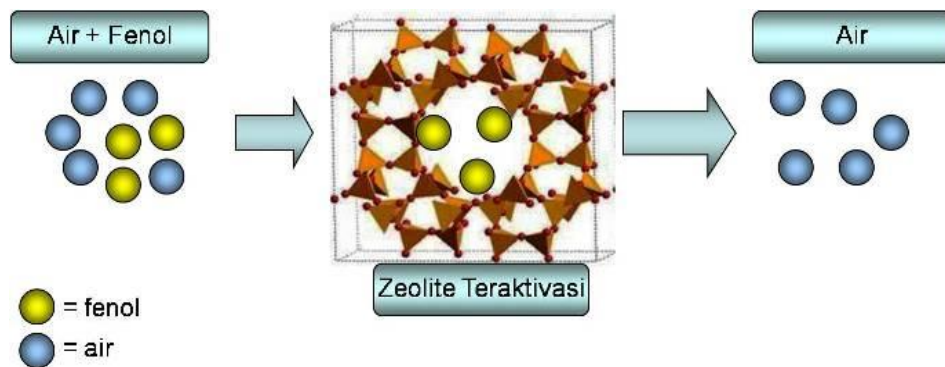
Gambar 2. Pemanasan Zeolit Terhidrasi untuk Menjadikan Zeolit Terdehidrasi (<http://ardra.biz/sain-teknologi/mineral/mineral-zeolit/karakteristik-sifat-sifat-zeolit/>)

Secara alami pori-pori zeolit yang belum diolah akan mengandung sejumlah molekul air dan alkali atau alkali tanah hidrat. Proses pemanasan pada temperatur $300 - 400^\circ \text{C}$ dapat menghilangkan kandungan air dan hidrat pada alkali atau alkali tanah hidrat. Zeolit yang sudah mengalami pemanasan ini disebut zeolit teraktivasi fisika artinya zeolit terdehidrasi atau zeolit yang kehilangan air.

b. Adsorpsi

Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penjerap (adsorben). Mekanisme adsorpsi yang mungkin terjadi adalah adsorpsi fisika (melibatkan gaya van der Waals), adsorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatis), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi (Supratiningsih, 2011).

Molekul atau zat yang dijerap akan menempati posisi pori. Daya serap (adsorpsi) zeolit tergantung dari jumlah pori dan luas permukaan. Molekul-molekul dengan ukuran lebih kecil dari pori yang mampu dijerap oleh zeolit.

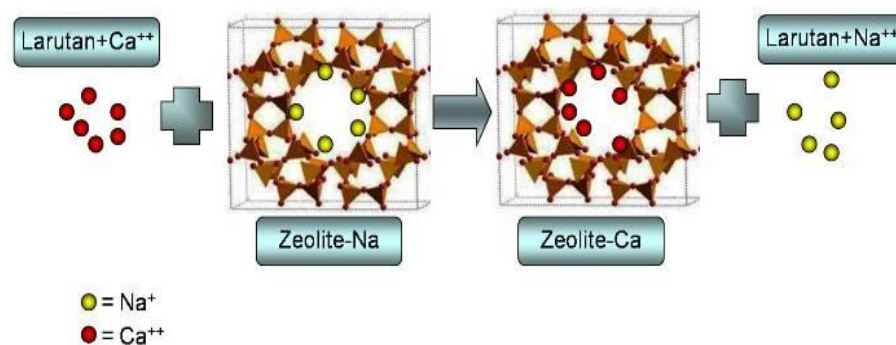


Gambar 3. Zeolit sebagai Absorben (<http://ardra.biz/sain-teknologi/mineral/mineral-zeolit/karakteristik-sifat-sifat-zeolit/>)

Alkohol seperti fenol adalah zat pengotor yang bersifat racun bagi manusia. Air yang mengandung fenol dapat dibebaskan dari fenol dengan melewati air dalam zeolit teraktivasi. Fenol yang terkandung dalam air akan teradsorpsi dan menempati posisi pori-pori. Sehingga konsentrasi fenol dalam air menjadi kurang.

c. Penukar ion

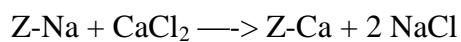
Ion-ion pada rongga berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit tergantung dari zeolit kation, suhu dan jenis anion. Pertukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktifitas katalis (Kuronen et al, 2006).



Gambar4.Pertukaran Ion pada zeolit(<http://ardra.biz/sain-teknologi/mineral/mineral-zeolit/karakteristik-sifat-sifat-zeolit/>)

Larutan atau air yang mengandung ion-ion Ca²⁺ dilewatkan dalam zeolit-Na teraktivasi. Ion Ca²⁺ dalam larutan atau air akan mengganti ion-ion Na⁺ yang ada dalam pori-pori zeolit-Na. Ion-ion Na⁺ akan lepas ke dalam larutan atau air. Pada akhirnya konsentrasi Ion Ca²⁺ dalam larutan atau air akan berkurang.

Reaksi pertukaran ion-ionnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

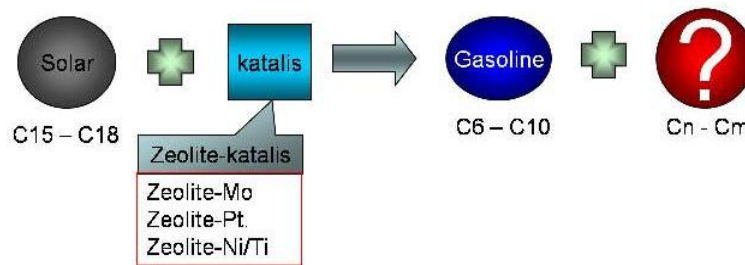


Z-Na = Zeolit-Natrium

Z-Ca = Zeolit-Natrium

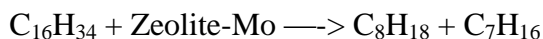
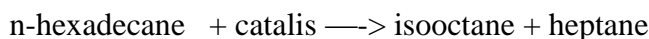
d. Katalis

Sifat sebagai katalis didasarkan pada adanya ruang kosong yang dapat digunakan sebagai katalis ataupun sebagai penyangga katalis untuk reaksi katalitik. Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusat-pusat aktif dalam saluran antar zeolit. Pusat-pusat aktif tersebut terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted maupun Lewis. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi. Pusat-pusat aktif yang bersifat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul-molekul basa secara kimiawi. Zeolit dengan rasio Si/Al yang tinggi akan menyebabkan keasaman tinggi.



Gambar 5. Zeolite sebagai Katalis (<http://ardra.biz/sainteknologi/mineral/mineral-zeolit/karakteristik-sifat-sifat-zeolit/>)

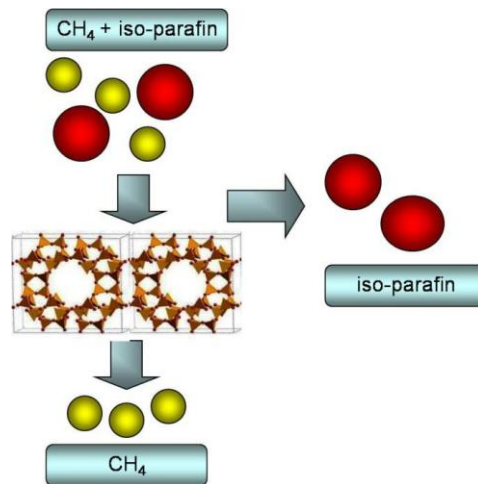
Cracking adalah penguraian molekul-molekul senyawa hidrokarbon yang besar menjadi molekul-molekul senyawa hidrokarbon yang kecil. Contoh *cracking* ini adalah pengolahan minyak solar atau minyak tanah menjadi bensin.



e. Penyaring atau pemisah

Zeolit dengan struktur kerangka “*framework*” mempunyai luas permukaan yang besar dan berperan sebagai saluran yang dapat menyaring ion/molekul

(*molecular sieving*). Peran zeolit sebagai penyaring ataupun pemisah molekul didasarkan pada perbedaan bentuk, ukuran, dan polaritas molekul yang disaring. Sifat ini disebabkan oleh zeolit yang mempunyai pori dengan ukuran tertentu. Molekul yang berukuran lebih kecil dari pori dapat melintas sedangkan yang berukuran lebih besar dari pori akan tertahan.



Gambar 6. Zeolit sebagai Penyaring (<http://ardra.biz/sain-teknologi/mineral/mineral-zeolit/karakteristik-sifat-sifat-zeolit/>)

Larutan yang terdiri dari CH₄ dan iso-parafin dapat dipisah dengan cara dilewatkan dalam zeolit teraktivasi. Molekul CH₄ memiliki diameter lebih kecil dari diameter pori zeolit, sedangkan n-parafin memiliki diameter yang lebih besar daripada pori-pori zeolit. Dengan demikian CH₄ dapat lolos melewati pori zeolit, sedangkan n-parafin tertahan dan tidak dapat lewat pori zeolit.

4. Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap. Adsorpsi adalah

masuknya bahan yang mengumpul dalam suatu zat padat. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Baik adsorpsi maupun absorpsi sebagai sorpsi terjadi pada tanah liat maupun padatan lainnya, namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi (Giyatmi, 2008).

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Zat yang diserap disebut fase terserap (adsorbat), sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Kecuali zat padat, adsorben dapat pula zat cair. Karena itu adsorpsi dapat terjadi antara : zat padat dan zat cair, zat padat dan gas, zat cair dan zat cair atau gas dan zat cair.

Menurut Sukardjo (2002) bahwa molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam, karena tidak ada gaya-gaya yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair, mempunyai gaya adsorpsi. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam adsorben sedang pada adsorpsi, zat yang diserap hanya pada permukaan (Sukardjo, 2002:190).

Adsorpsi ada dua jenis, yaitu :

a. Fisisorpsi

Fisisorpsi terjadi karena adanya gaya van der Waals dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Fisisorpsi ini memiliki gaya tarik Van der Waals yang kekuatannya relatif kecil. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relative rendah, sekitar 20 kJ/mol. Contoh

:adsorpsi oleh arang aktif. Aktivasi arang aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi.

b. Kemisorpsi

Kemisorpsi terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimumkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkin, 1999: 437-438).

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut:

a. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

b. Karakteristik Adsorben

Ukuran partikel merupakan syarat yang penting dari suatu arang aktif untuk digunakan sebagai adsorben. Ukuran partikel arang mempengaruhi kecepatan dimana adsorpsi terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan menurunnya ukuran partikel.

c. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka semakin luas permukaannya. Kapasitas adsorpsi total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total adsorbennya.

d. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul adsorbat benar-benar penting dalam proses adsorpsi ketika molekul masuk ke dalam mikropori suatu partikel arang untuk diserap. Adsorpsi paling kuat ketika ukuran pori-pori adsorben cukup besar sehingga memungkinkan molekul adsorbat untuk masuk.

e. pH

pH di mana proses adsorpsi terjadi menunjukkan pengaruh yang besar terhadap adsorpsi itu sendiri. Hal ini dikarenakan ion hidrogen sendiri diadsorpsi dengan kuat, sebagian karena pH mempengaruhi ionisasi dan karenanya juga mempengaruhi adsorpsi dari beberapa senyawa. Asam organik lebih mudah diadsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik terjadi dengan mudah pada pH tinggi. pH optimum untuk kebanyakan proses adsorpsi harus ditentukan dengan uji laboratorium.

5. *Inductively Coupled Plasma*(ICP)

Inductively Coupled Plasma (ICP) adalah sebuah teknik analisis yang digunakan untuk mendeteksi dari *trace metals* dalam sampel lingkungan. Prinsip

utama ICP dalam penentuan elemen adalah pengatomisasian elemen sehingga memancarkan cahaya panjang gelombang tertentu yang kemudian dapat diukur.

Induktif Coupled Plasma (ICP) termasuk ke dalam Spektroskopi Atomik adalah sebuah teknik analisis yang digunakan untuk mendeteksi jejak logam dalam sampel dan untuk mendapatkan karakteristik unsur-unsur yang memancarkan gelombang tertentu. *Inductively Coupled Plasma (ICP)* merupakan instrumen yang digunakan untuk menganalisis kadar unsur-unsur logam dari suatu sampel dengan menggunakan metode spektrofotometer emisi. Spektrofotometer emisi adalah metode analisis yang didasarkan pada pengukuran intensitas emisi pada panjang gelombang yang khas untuk setiap unsur. Bahan yang akan dianalisis menggunakan ICP ini harus berwujud larutan yang homogen.

a. Jenis-Jenis ICP

ICP terbagi dua, yaitu ICP-AES dan ICP-MS

1). ICP-AES

Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) adalah salah satu dari beberapa teknik analisa atomik spektroskopi. ICP-AES menggunakan plasma sebagai sumber atomisasi dan eksitasi dan kemudian pancaran yang dihasilkan unsur dengan mengukur intensitasnya. Plasma adalah suatu gas ionisasi yang terdiri dari ion, atom dan elektron.

ICP-AES telah banyak digunakan untuk analisis multielemen secara simultan dan biologis sampel lingkungan setelah dilakukan pemisahan. Sensitivitas sangat baik dan jangkauan kerja luas untuk jenis elemen yang digabungkan dengan rendahnya tingkat gangguan. Metode ini dapat digunakan untuk sejumlah

besar logam dan limbah. Semua matriks, termasuk air tanah, sampel air, limbah industri, tanah, lumpur, sedimen, dan limbah padat lainnya namun memerlukan proses sebelum analisis.

Tabel 2. Kondisi Analisis Aluminium dalam ICP

Elemen	Panjang Gelombang(nm)	Estimasi Batas Deteksi (mg/L)
Aluminium	308,215	45

Panjang gelombang yang terdaftar direkomendasikan karena kepekaan dan penerimaan keseluruhan. Panjang gelombang lain dapat diganti jika dapat memberikan sensitivitas yang diperlukan dan diperlakukan dengan teknik-teknik perbaikan yang sama untuk *interferensi spektral*.

Estimasi batasdeteksi instrumental sebagai panduan bagi batas instrumental. Batas deteksi metode adalah tergantung sampel dan dapat berbeda-beda sesuai jenis sampel.

Tabel 3. Limit Deteksi Analisis Al untuk Beberapa Instrumen

Limit Deteksi Spektroskopi Atomik untuk unsur-unsur tertentu				
Unsur	AAS Flame	AAS Elektrotermal	AES Flame	AES ICP
Aluminium	30	0,005	5	2

2). ICP-MS

Instrumen ICP-MS dapat mengukur sebagian besar unsur-unsur dalam tabel periodik. Unsur-unsur berwarna dapat dianalisis dengan ICP-MS dengan limit deteksi pada atau di bawah kisaran ppb. Unsur yang berwarna putih yang

baik tidak diukur dengan ICP-MS. Kebanyakan analisis yang dilakukan dengan ICP-MS sebagai instrument kuantitatif, namun juga dapat berfungsi sebagai instrument semi-kuantitatif.

b. Prinsip Kerja ICP

1). ICP-AES

Prinsip umum pada pengukuran ini adalah mengukur intensitas energi atau radiasi yang dipancarkan oleh unsur unsur yang mengalami perubahan tingkat energi atom (eksitasi atau ionisasi). Larutan sampel diaspirasikan dan dialirkan melalui *capillary tube* ke *Nebulizer*. *Nebulizer* merubah larutan sampel kebentuk *aerosol* yang kemudian diinjeksikan oleh ICP. Pada temperatur plasma, sampel-sampel akan teratomisasi dan tereksitasi. Atom yang tereksitasi akan kembali ke keadaan awal (*ground state*) sambil memancarkan sinar radiasi. Sinar radiasi ini didispersi oleh komponen optik. Sinar yang terdispersi, secara berurutan muncul pada masing-masing panjang gelombang unsur dan diubah dalam bentuk sinyal listrik yang besarnya sebanding dengan sinar yang dipancarkan oleh unsur dalam larutan dengan konsentrasi berbeda. Sinyal listrik ini kemudian diproses oleh sistem pengolah data.

2). ICP MS

Pada dasarnya peralatan ICP-MS merupakan gabungan dari dua peralatan, yakni antara alat eksitasi ICP dan *MS-quadropole* sebagai detektor. Penggabungan kedua alat ini menggunakan suatu skimmer yakni suatu logam tipis yang

mempunyai lubang ditengahnya dengan diameter sekitar 60 μm . Alat ini ditempatkan diantara plasma dan MS.

Prinsip kerja dari ICP–MS adalah sampel diintroduksi ke dalam suatu pusat tabung plasma argon, yang mengkabut, secara cepat tersolvasi dan teruapkan. Selama transit melewati inti plasma proses disosiasi dan ionisasi terjadi. Ion-ion terekstrak dari tabung pusat plasma menuju suatu pompa vakum antarfase, kemudian ditransmisikan ke dalam spektrometer massa. Didalam spektrometer dan massa ion-ion terpisahkan berdasarkan massa mereka terhadap rasio muatan.

c. Instrumentasi ICP

1). Plasma

Plasma, sebuah gas terionisasi, ketika obor dinyalakan medan magnet yang kuat.

2). Medan magnet

Sebuah medan magnet adalah medan vektor yang dapat memberikan suatu gaya magnet pada muatan listrik bergerak dan pada dipol magnetik. Ketika ditempatkan dalam medan magnet, magnet dipol cenderung untuk menyelaraskan dengan medan magnet dari RF generator. Gas argon yang mengalir melalui medan magnet dinyalakan dengan satuan Tesla. Gas argon yang terionisasi dalam bidang ini dan mengalir dalam suatu pola simetris *rotationally* ke arah medan magnet kumparan RF yang stabil, suhu tinggi plasma sekitar 7000 K ini kemudian dihasilkan sebagai hasil dari tumbukan inelastis yang terjadi antara atom argon netral dan partikel bermuatan.

3). Pompa peristaltik

Sebuah pompa peristaltik adalah jenis pompa perpindahan positif digunakan untuk memompa berbagai cairan. Fluida yang terkandung dalam tabung fleksibel yang dipasang di dalam casing pompa akan mengalirkan sampel cair ke dalam *nebulizer*.

4). *Nebulizer*

Nebulizer berfungsi untuk mengubah cairan sampel menjadi aerosol.

5). *Spray chamber*

Spray chamber berfungsi untuk mentransportasikan aerosol ke plasma, pada *spray chamber* ini aerosol mengalami desolvasi atau volatisasi yaitu proses penghilangan pelarut sehingga didapatkan aerosol kering yang bentuknya telah seragam.

6). RF generator

RF generator adalah alat yang menyediakan tegangan (700-1500 Watt) untuk menyalakan plasma dengan argon sebagai sumber gas-nya. Tegangan ini ditransferkan ke plasma melalui *load coil*, yang mengelilingi puncak dari plasma.

7). Kisi Difraksi

Kisi difraksi adalah komponen optik yang berfungsi untuk mendispersikan radiasi emisi yang dipancarkan oleh atom pada panjang gelombang tertentu. Sinar-sinar radiasi emisi tersebut dipisahkan menjadi sinar-sinar monokromatis pada panjang gelombang tertentu untuk kemudian akan di serap dan diukur sebagai intensitas.

8). *Photomultiplier*

Photomultiplier merupakan sebuah tabung vakum, dan lebih khusus lagi phototubes. Alat ini sangat sensitif sebagai detektor cahaya dalam bentuk sinar ultraviolet, cahaya tampak, dan inframerah.

d. Kelebihan dan kekurangan

1). ICP-MS

Keuntungan ICP-MS adalah kemampuan pembacaan multi-element, sensitivitas tinggi, dan informasi isotopic elemen bisa ditentukan. Kekurangan pada ICP-MS, *isobaric* adanya gangguan yang dihasilkan oleh *polyatomic* yang timbul dari plasma gas dan udara yaitu isotop dari argon, oksigen, nitrogen, dan hidrogen dapat bergabung dengan unsur lainnya untuk menghasilkan gangguan isobaric. ICP-MS tidak dapat digunakan untuk deteksi untuk nonmetal.

2). ICP-AES

Keuntungan dari ICP-AES adalah dapat mengidentifikasi dan mengukur semua elemen yang diukur secara bersamaan, ICP-AES dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi elemen rendah hingga tinggi. Batas deteksi pada umumnya rendah untuk sebagian besar elemen dengan rentang dari 1 – 100 mg/L. ICP-AES dapat melakukan pembacaan dalam jangka waktu yang singkat yaitu 30 detik dan memerlukan sampel sebanyak ± 5 ml. ICP-AES tidak dapat digunakan untuk analisis senyawa halogen, karena diperlukan optik khusus untuk pembacaan panjang gelombang tertentu dari unsur tersebut.

e. Aplikasi ICP

1). ICP-MS

ICP-MS dapat digunakan untuk analisis matriks sampel lingkungan, yang mempunyai konsentrasi rendah dan terdiri dari beberapa unsur karena sensitivitas yang tinggi dan kemampuan pembacaan konsentrasi dari multi unsur. ICP-MS dapat digunakan untuk penetapan langsung dari beberapa elemen di tanah, seperti boraks, fosfor, dan molybdenum, pada tingkat yang tidak dapat dianalisis oleh metode lain

2). ICP-AES

ICP dapat digunakan dalam analisis kuantitatif untuk jenis sampel bahan-bahan alam seperti batu, mineral, tanah, endapan udara, air, dan jaringan tanaman dan hewan, bidang mineralogi, pertanian, kehutanan, peternakan, bidang kimia ekologi, ilmu lingkungan dan industri makanan, termasuk pemurnian dan analisa elemen air yang tidak mudah dikenali oleh AAS seperti Sulfur, boraks, fosfor, Titanium, dan Zirkonium.

B. Penelitian yang Relevan

Penelitian RR Putri Febrianingtyas (2014) yang berjudul Pemisahan Ion Logam Kalsium (II) Pada Air Sungai Bawah Tanah Pantai Baron dengan Zeolit Alam Menggunakan Kolom Adsorpsi yang menyebutkan bahwa zeolit alam yang sudah teraktivasi dapat digunakan secara efektif untuk menjerap ion logam Ca yang terkandung di dalam sampel dengan menggunakan metode adsorpsi kolom.

Penelitian Hanafi Idham Kholid (2015) yang berjudul Efektivitas Zeolit Alam untuk Menurunkan Kadar Besi dalam Air Sumur di Desa Dinotirto, Kretek, Bantul menyebutkan bahwa adsorpsi kolom dengan menggunakan zeolit alam mampu menurunkan kadar logam besi dalam air sumur hingga 98,88% dan mampu memperbaiki kualitas air.

C. Kerangka Berpikir

Renang merupakan salah satu olahraga yang banyak digemari oleh masyarakat. Keberadaan kolam renang tentu sangat dibutuhkan. Pengelolaan air kolam renang yang baik akan sangat menunjang kenyamanan pengunjung yang menggunakan fasilitas ini. Pengelolaan air kolam renang di tambahkan dengan bahan tawas yang berfungsi untuk menjernihkan dan kaporit yang berfungsi untuk menghilangkan mikroorganisme, namun dalam penggunaannya bahan tambahan tersebut tidak ada aturan pakai tertentu. Pengelola terkadang memberikan tawastidak sesuai dengan aturan. Salah satu dampak penggunaan tawas berlebihan adalah meningkatnya kandungan ion logamaluminium dalam air kolam renang tersebut. Keberadaan ion aluminium dalam air kolam renang dapat menimbulkan iritasi pada mata dan kulit serta apabila masuk ke dalam tubuh dapat bersifat toksik .

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal : 3 September 1990, kadar aluminium dalam air kolam renang yang diperbolehkan adalah 0,2 mg/L. Diperlukan suatu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan ion logam

aluminium dalam air kolam renang. Dalam penelitian yang berjudul zeolit alam sebagai adsorben ion logam aluminium dalam air kolam renang dengan metode adsorpsi kolom. Zeolit alam bertindak sebagai adsorben yang berfungsi untuk menjerap logam aluminium dalam sampel air kolam renang.

Penelitian ini dilakukan dengan cara melewatkan sampel air kolam renang ke dalam kolom adsorpsi yang telah terisi dengan zeolit alam untuk kemudian dilakukan sirkulasi secara terus menerus. Pengambilan contoh uji dilakukan pada menit pertama, menit ke 30, menit ke 60, menit 90 dan menit ke 120. Penurunan konsentrasi aluminium dalam air kolam renang dapat diketahui dari konsentrasi sebelum dan sesudah melalui sirkulasi. Efektivitas zeolit dalam mengadsorpsi ion logam aluminium dilihat dari persentase penurunan konsentrasi ion logam aluminium pada air kolam renang.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Subjek dan Objek Penelitian

1. Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah zeolit alam yang berasal dari Gunungkidul.

2. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah penurunan konsentrasi ion logam aluminium pada air kolam renang yang diolah dengan zeolit menggunakan adsorpsi kolom.

B. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

- a. Ukuran zeolit yaitu 10 mesh (zeolit A) dan 5 mesh (zeolit B).
- b. Waktu kontak yaitu 1 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit.

2. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- a. Massa zeolit yang digunakan
- b. Laju alir sampel dalam kolom adsorpsi

3. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah :

Efisiensi adsorpsi zeolit terhadap ion aluminium.

C. Instrumen Penelitian

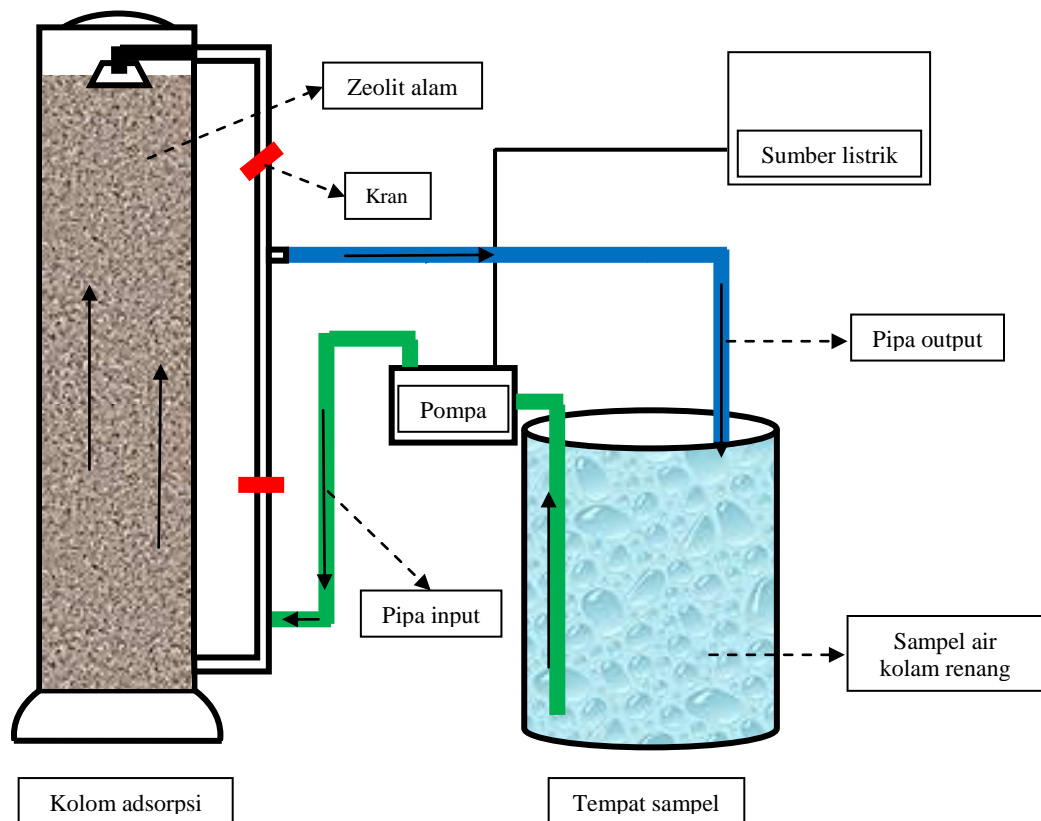
1. Alat-alat yang digunakan

- a. Satu set kolom adsorpsi yang terbuat dari bahan PVC dengan tinggi 150 cm dan diameter 25 cm
- b. Pompa air
- c. Pipa
- d. Selang
- e. Keran air
- f. Ember
- g. Stopwatch
- h. Alat-alat gelas
- i. Timbangan analitik
- j. pH meter
- k. ICP
- l. AAS
- m. Komparator
- n. DO meter Hach Model 16046
- o. Inkubator
- p. Cawan petri
- q. Ose

2. Bahan-bahan yang digunakan

- Zeolit alam berukuran 10 mesh dan 5 mesh dari Gunungkidul.
- Air kolam renang
- CRM
- Akuades

D. Rangkaian Alat



Gambar 7. Skema Rangkaian Alat

E. Prosedur Penelitian

1. Penyiapan Zeolit sebagai Adsorben

- Zeolit dicuci dengan air mengalir hingga bersih.
- Zeolit direndam dalam akuades selama 18 jam.

- c. Zeolit dijemur dibawah sinar matahari hingga kering.

2. Interaksi Zeolit sebagai Adsorben dengan Ion Aluminium dalam Air Kolam Renang Universitas Negeri Yogyakarta.

- a. Alat adsorpsi dirangkai seperti pada Gambar 7.
- b. Zeolit alam berukuran 10 mesh dimasukkan ke dalam kolom adsorpsi hingga penuh (75 kg).
- c. Air kolam renang dimasukkan ke dalam ember tempat sampel.
- d. Air kolam renang dialirkan dengan bantuan pompa air. Air kolam renang tersebut akan masuk ke dalam kolom dan berinteraksi dengan zeolit.
- e. Air kolam renang keluar dari kolom adsorpsi melalui selang. Laju alir effluen diatur dengan menggunakan kran air yaitu 13,33 L/menit.
- f. Pengambilan sampel dilakukan pada menit pertama, menit ke 30, menit ke 60, menit ke 90 dan menit ke 120.
- g. Setelah interaksi, effluent ditampung dan diukur absorbansinya dengan *Inductively Coupled Plasma (ICP)* pada panjang gelombang 167 nm.
- h. Interaksi air kolam renang dengan zeolit alam berukuran 5 mesh dilakukan dengan cara yang sama dengan langkah b-g.

3. Pengujian Parameter Air Kolam Renang Sesuai Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan.

- a. Uji bau, benda terapung dan kejernihan
 - 1) Air kolam renang dilakukan uji bau dengan indera penciuman.

- 2) Air kolam renang dilakukan uji benda terapung dengan indera penglihatan.
- 3) Air kolam renang dilakukan uji kejernihan dengan indera penglihatan.

b. Kesadahan (CaCO_3)

- 1) Diambil 25 mL sampel secara duplo, dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL, diencerkan dengan aquadest hingga volume 50 mL.
- 2) Ditambahkan 1 mL hingga 2 mL larutan penyangga pH 10.
- 3) Ditambahkan seujung spatula 30 mg sampai 50 mg indikator EBT.
- 4) Dilakukan titrasi dengan larutan baku Na_2EDTA 0,01 M secara perlahan sampai terjadi perubahan warna merah keunguan menjadi biru.
- 5) Dicatat volume Na_2EDTA yang digunakan.

c. Oksigen teradsorpsi

- 1) DO meter dikalibrasi dengan mengukur suhu sampel dan tekanan ruangan. Kemudian melihat pada tabel standar.
- 2) Diputar potensiometer kalibrasi, ditepatkan jarum sesuai data tabel.
- 3) Probe diisi dengan sampel dan dibaca konsentrasi pada mg/L DO.

d. pH

Air kolam renang dilakukan uji pH dengan menggunakan pH meter digital.

e. Sisa Chlor

- 1) Sampel murni diambil sebanyak 10 mL sebagai blanko, ditempatkan dalam tabung.
- 2) Diambil sampel sebanyak 10 mL dalam tabung, ditambahkan DPD 1 (N,N-diethyl-p-phenylenediamine) 1 tablet.

- 3) Ditambahkan DPD 3 (*N,N*-diethyl-*p*-phenylenediamine) 1 tablet.
 - 4) Kedua tabung dimasukkan ke dalam komparator, ditempatkan pada sebelah kiri sampel murni dan sebelah kanan sampel yang ditambah reagen.
 - 5) Dengan menggunakan slide dilihat warna yang sama.
 - 6) Dilihat kadar sisa Chlor pada satuan mg/L.
- f. Tembaga Sebagai Cu
- 1) Diambil sampel sebanyak 10 mL.
 - 2) Dibuat kurva standard dengan menggunakan larutan standard CuSO₄.
 - 3) Dianalisis konsentrasi Cu dalam sampel dengan menggunakan AAS.
- g. Coliform Total
- 1) Disiapkan 5 tabung kultur, setiap tabung diisi dengan LTB (*Lauryl Tryptose Broth*) 1,5% sebanyak 5 mL dan 10 tabung lain berisi media LTB 0,5% volume 10 mL.
 - 2) Dihomogenkan
 - 3) Diinokulasi masing-masing 10 mL sampel pada 5 tabung media LTB 1,5% dengan pipet steril.
 - 4) Diinokulasi masing-masing 1 mL sampel pada 5 tabung media LTB 0,5% dengan pipet steril.
 - 5) Diinokulasi masing-masing 0,1 mL sampel pada 5 tabung media LTB 0,5% dengan pipet steril.
 - 6) Pengujian inokulasi dilakukan secara aseptis.
 - 7) Diinkubasi dalam inkubator pada suhu 35 °C selama 48 jam.

- 8) Diamati pembentukan gas yang terjadi dalam tabung durhan. Hal ini menandakan positif. Selanjutnya dilakukan uji penegasan.
- 9) Uji penegasan dilakukan dengan cara cawan yang positif diinokulasi media BGLB (*Brillion Lactose Bile Broth*) masing-masing 1-2 ose.
- 10) Diinkubasi suhu 35 °C selama 48 jam.
- 11) Diamati pembentukan gas yang menandakan positif.
- 12) Pembacaan hasil dari uji penegasan dilakukan dengan menghitung jumlah tabung yang positif. Angka dicocokkan dengan tabel MPN (*Most Probable Number*).

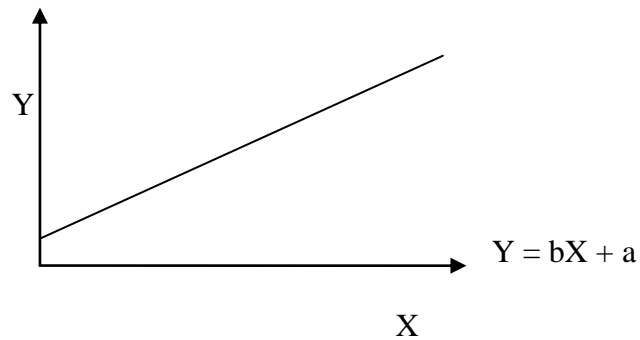
h. Jumlah Kuman

- 1) Sampel diencerkan dengan larutan pengencer steril untuk mendapatkan 30-300 koloni.
- 2) Disiapkan 5 cawan petri steril.
- 3) Dua cawan masing-masing diisi 1 mL sampel tanpa pengenceran.
- 4) Dua cawan petri masing-masing diisi 1 mL sampai dengan 10 kali pengenceran.
- 5) Satu cawan petri diisi 1 mL larutan pengencer sebagai kontrol.
- 6) Disiapkan medium PCA (*Plate Count Agar*) pada suhu 44-46 °C.
- 7) Dituang 10-12 mL medium PCA ke dalam masing-masing cawan petri.
- 8) Dihomogenkan dengan cara digoyang searah jarum jam.
- 9) Didiamkan pada suhu ruang hingga membeku.
- 10) Diinkubasi pada suhu 35 °C selama 48 jam dengan posisi terbalik.
- 11) Koloni yang tumbuh dihitung menggunakan coloni counter.

4. Teknik Analisis Data

a. Penentuan persamaan garis linear larutan standar

Penentuan persamaan garis linear larutan standar aluminium dengan rumus sebagai berikut :



Gambar 8. Hubungan Konsentrasi dan Intensitas

Secara umum persamaan garis regresi adalah sebagai berikut :

$$Y = bX + a$$

Keterangan :

b = slope

a = intersep

b. Penentuan efektivitas penurunan konsentrasi aluminium dalam air kolam renang dapat di lihat dari efisiensi adsorpsi

Untuk mengetahui efisiensi adsorpsi dapat digunakan rumus :

$$\text{Efisiensi adsorpsi} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

Keterangan :

C_1 = konsentrasi larutan sebelum diadsorpsi

C_2 = konsentrasi larutan setelah diadsorpsi

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini berupa konsentrasi ion logam aluminium dalam air kolam sebelum dan sesudah diberi perlakuan. Dari data konsentrasi tersebut digunakan untuk membuat tabel dan grafik penurunan adsorpsi ion logam aluminium untuk mempermudah proses analisis. Data yang diperoleh merupakan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Fisika Kimia Air Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBPTKL-PP) Yogyakarta dan Laboratorium Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.

1. Hasil Uji Parameter Air Kolam Renang

Dalam penelitian ini, selain pengujian terhadap parameter ion logam aluminium juga dilakukan pengujian untuk parameter pendukung lain untuk air kolam renang yang sesuai dengan baku mutu air kolam renang berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Pengujian ini dilakukan terhadap air sebelum diberi perlakuan adsorpsi maupun setelah diberi perlakuan adsorpsi. Hasil pengujian untuk parameter umum air kolam renang ditunjukkan dalam Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut dapat terlihat bahwa setelah diberi perlakuan dengan zeolit kualitas air kolam renang menjadi semakin baik. Hal ini dapat ditunjukkan dari beberapa parameter yang sudah memenuhi persyaratan.

Tabel 4. Data Hasil Uji Parameter Sampel Air Kolam Renang

No.	Parameter Uji	Ambang batas yang diperbolehkan	Hasil Uji	
			Sebelum Adsorpsi	Setelah Adsorpsi
FISIKA				
1	Bau	-	Bau menyengat	Tidak berbau
2	Benda terapung	-	-	-
3	Kejernihan	-	-	-
KIMIA				
1	Aluminium	0 – 0,2 mg/L	3,583 mg/L	3,574 mg/L
2	Kesadahan (CaCO ₃)	50 – 500 mg/L	125,25 mg/L	241,41 mg/L
3	Oksigen terabsorpsi	0 – 1,0 mg/L	0,3 mg/L	0,3 mg/L
4	pH	6,5 – 8,5	2,4	5,3
5	Sisa klor	0,2 – 0,5 mg/L	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
6	Tembaga sebagai Cu	0 – 1,5 mg/L	0,4379 mg/L	0,2816 mg/L
MIKROBIOLOGI				
1	Koliform total	-	26 / 100 mL	<1,8/100 mL
2	Jumlah kuman	0 – 200 / 100mL	2.700 CFU/ml	5CFU/ml

2. Hasil Uji Aluminium

Pada penelitian ini digunakan dua macam ukuran zeolit yaitu ukuran 10 mesh (zeolit A) dan ukuran 5 mesh (zeolit B). Masing-masing zeolit digunakan untuk mengolah air kolam renang dalam waktu 2 jam sirkulasi. Pengambilan contoh uji dilakukan setiap selang waktu 30 menit sekali untuk kemudian di analisis konsentrasi ion logam aluminium dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma* (ICP)

Hasil pengujian konsentrasialuminium dalam sampel air kolam renang yang diadsorpsi dengan menggunakan zeolit 10 mesh (zeolit A) ditunjukkan dalam Tabel 5, sedangkan untuk zeolit 5 mesh (zeolit B) ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Uji Konsentrasi Aluminium dalam Sampel Air Kolam Renang yang diberi Perlakuan oleh Zeolit A

Menit ke-n	Kode sampel	Konsentrasi Aluminium (ppm)		Efisiensi adsorpsi (%)
		Sebelum adsorpsi	Setelah adsorpsi	
Menit ke-1	A ₁	3,583	3,231	9.82
Menit ke-30	A ₂	3,583	3,908	-9.07
Menit ke-60	A ₃	3,583	3,339	6.79
Menit ke-90	A ₄	3,583	3,692	-3.02
Menit ke-120	A ₅	3,583	3,845	-7.31

Tabel 6. Hasil Uji Konsentrasi Aluminium dalam Sampel Air Kolam Renang yang diberi Perlakuan oleh Zeolit B

Menit ke-n	Kode sampel	Konsentrasi Aluminium (ppm)		Efisiensi adsorpsi (%)
		Sebelum adsorpsi	Setelah adsorpsi	
Menit ke-1	B ₁	3,583	2,934	18.11331
Menit ke-30	B ₂	3,583	3,502	2.260675
Menit ke-60	B ₃	3,583	3,502	2.260675
Menit ke-90	B ₄	3,583	3,176	11.34524
Menit ke-120	B ₅	3,583	3,574	0.251186

Zeolit A (ukuran 10 mesh) rata-rata efisiensi adsorpsi adalah -0,558% sedangkan untuk zeolit B (ukuran 5 mesh) rata-rata efisiensi adsorpsi adalah 6,84%. Rata-rata efisiensi adsorpsi oleh zeolit B lebih tinggi dibanding dengan zeolit A. Pada zeolit A menunjukkan hasil efisiensi adsorpsi yang negatif, hal ini berarti dalam sampel air kolam renang tersebut dimungkinkan terdapat ion logam aluminium dari zeolit yang larut dalam sampel.

B. Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas zeolit dalam menurunkan konsentrasi ion logam aluminium dalam air kolam renang, mengetahui pengaruh ukuran partikel zeolit terhadap efektivitas zeolit dalam mengadsorpsi ion logam aluminium dalam air kolam renang, mengetahui pengaruh waktu sirkulasi terhadap efektivitas zeolit dalam mengadsorpsi ion logam aluminium dalam air kolam renang.

Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium di laboratorium analisis FMIPA UNY. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air kolam utama di kolam renang FIK UNY. Keseharian air kolam ini digunakan berenang oleh mahasiswa dan masyarakat umum. Berdasarkan pengamatan awal yang dilakukan air kolam renang ini berbau kaporit yang sangat menyengat, berasa masam dan pedih jika terkena mata. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas dari air kolam renang tersebut kurang baik sehingga diperlukan suatu metode untuk mengolah air kolam renang tersebut.

Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah membuat rangkaian alat. Rangkaian adsorpsi kolom yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sebuah kolom terbuat dari pralon PVC yang mempunyai tinggi 150 cm dan diameter 25 cm yang diisi dengan zeolit alam sebagai adsorben. Untuk mengalirkan air dari ember penampungan ke dalam kolom digunakan pompa air yang dihubungkan ke kolom dengan menggunakan pipa PVC. Sedangkan air yang telah diadsorpsi dikeluarkan melalui selang air dan ditampung kembali di dalam ember penampung. Pada pipa air masuk dan keluar diberi kran untuk mengatur laju aliran. Rangkaian alat ditunjukkan oleh Gambar berikut.



Gambar 9. Rangkaian Alat Adsorpsi

Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Gunungkidul. Ukuran zeolit yang digunakan ada 2 variasi yaitu ukuran 10 mesh (zeolit A) dan ukuran 5 mesh (zeolit B) yang masing-masing sebanyak 75 kg. Pemilihan ukuran zeolit ini karena kedua ukuran tersebut mudah ditemukan di pasaran. Sebelum digunakan zeolit dicuci dengan air mengalir dan direndam dengan aquadest selama semalam. Pencucian dan perendaman ini bertujuan untuk menghilangkan

zat-zat pengotor yang menempel pada zeolit. Setelah bersih, zeolit kemudian dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Tujuan dari pengeringan ini adalah untuk mengurangi kadar air dalam zeolit.

Zeolit yang kering sebelum dimasukkan ke dalam kolom adsorpsi direndam dalam aquadest selama 18 jam untuk menghilangkan pengotor yang masih menempel pada zeolit. Sampel air kolam renang dialirkan ke dalam kolom dengan menggunakan pompa air. Sampel akan berinteraksi dengan zeolit yang berada di dalam kolom. Sampel air yang keluar dari kolom diatur laju alirnya dengan memasang kran. Laju alir yang digunakan adalah 13,33 L/menit. Sampel air yang keluar tersebut ditampung dalam ember, selanjutnya dilakukan sirkulasi selama 120 menit dengan variasi waktu kontak pengambilan contoh uji setiap 30 menit sekali.

Air hasil sirkulasi kemudian dianalisis kandungan aluminium dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma (ICP)* di Laboratorium Fisika Kimia Air Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBPTKLPP) Yogyakarta. Hasil analisis merupakan konsentrasi logam aluminium sebelum dan setelah melewati kolom adsorpsi sehingga diketahui efektivitas adsorpsi dari zeolit tersebut.



Gambar 10. Zeolit A (10 mesh)
(Sumber : Dokumen Pribadi)



Gambar 11. Zeolit B (5 mesh)
(Sumber : Dokumen Pribadi)

1. Uji Parameter Air Kolam Renang

Dalam penelitian ini, selain melakukan analisis terhadap konsentrasi ion logam aluminium dilakukan pula analisis terhadap beberapa parameter air kolam renang lain yang sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Air kolam renang aman digunakan oleh pengguna apabila telah memenuhi baku mutu air kolam renang baik secara fisika, kimiawi maupun mikrobiologi. Air kolam renang yang tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan dikhawatirkan akan dapat mempengaruhi kesehatan penggunanya. Uji parameter air kolam renang ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana zeolit dapat meningkatkan kualitas air kolam renang.

a. Bau, benda terapung dan kejernihan.

Pemeriksaan parameter bau pada sampel air kolam renang sebelum dilakukan perlakuan memberikan hasil “berbau” kaporit yang sangat menyengat sedangkan sampel yang telah diberi perlakuan memberikan hasil baunya berkurang dan cenderung tidak berbau. Air kolam renang yang berbau menyengat menandakan dalam air kolam renang tersebut telah ditambahkan bahan kimia yang sudah melebihi ambang batas. Untuk parameter benda terapung dan kejernihan dapat menunjukkan adanya bahan organik maupun anorganik yang ada dalam air kolam renang. Pada penelitian ini, sebelum dan sesudah diberi perlakuan tidak terdapat benda terapung.

b. Aluminium

Pemeriksaan hasil analisis terhadap parameter aluminium dalam air kolam renang sebelum diberi perlakuan adalah 3,583 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi aluminium telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Konsentrasi aluminium dalam sampel air kolam renang setelah diberi perlakuan adalah 3,574 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi dengan menggunakan zeolit dapat menurunkan konsentrasi aluminium dalam air kolam renang. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 konsentrasi aluminium yang diijinkan dalam air kolam renang adalah 0-0,2 mg/L. Tingginya kadar aluminium dalam air kolam renang dimungkinkan karena penambahan tawas ($\text{Al}_2\text{SO}_4 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$) yang berlebihan sebagai koagulan atau penjernih air.

c. Kesadahan (CaCO_3)

Kesadahan disebabkan oleh adanya mineral mineral yang terlarut dalam air kolam renang, contohnya ion kalsium (Ca^{2+}) dan ion magnesium (Mg^{2+}) dalam bentuk garam karbonat (Nusa Idaman Said, 2006). Dalam penelitian ini kesadahan disebabkan karena adanya ion logam kalsium karena penambahan kaporit pada air kolam renang. Pemeriksaan hasil analisis terhadap parameter kesadahan air kolam renang sebelum diberi perlakuan adalah 125,25 mg/L, sedangkan setelah diberi perlakuan adalah 241,41 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan zeolit dapat meningkatkan parameter kesadahan. Kesadahan air kolam renang yang diberi perlakuan dengan zeolit dapat meningkat dikarenakan adanya kemungkinan ion logam kalsium yang terikat pada zeolit

terlepas dan tertukar ion logam lain. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 parameter kesadahan yang diijinkan dalam air kolam renang adalah 50-500 mg/L. Jadi metode ini kurang efektif untuk menurunkan kesadahan dalam air kolam renang.

d. Oksigen terabsorpsi

Oksigen terabsorpsi menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Pemeriksaan hasil analisis terhadap parameter oksigen terabsorpsi air kolam renang sebelum diberi perlakuan adalah 0,3 mg/L, sedangkan setelah diberi perlakuan adalah 0,3 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi dengan menggunakan zeolit tidak mempengaruhi parameter oksigen terabsorpsi. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 parameter oksigen terabsorpsi air kolam renang yang diijinkan adalah 0 – 1,0 mg/L.

e. pH

pH menunjukkan derajat keasaman dari suatu sampel. Pemeriksaan hasil analisis terhadap parameter pH air kolam renang sebelum diberi perlakuan adalah 2,4, sedangkan setelah diberi perlakuan adalah 5,3. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan zeolit dapat meningkatkan pH. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 parameter pH air kolam renang yang diijinkan adalah 6,5-8,5. pH air kolam renang yang rendah dan cenderung bersifat asam dapat menimbulkan korosi pada dinding kolam renang, pipa air, maupun alat yang digunakan untuk sirkulasi air. Selain itu,

pH air yang terlalu rendah dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit bagi pengguna kolam renang.

f. Sisa klor

Klorin merupakan bahan yang ditambahkan dalam air kolam renang dengan tujuan sebagai desinfektan, biasanya dalam bentuk senyawa hipoklorit. Penambahan ini dapat menyebabkan adanya sisa klor dalam air kolam renang. Pemeriksaan hasil analisis terhadap parameter sisa klor dalam air kolam renang sebelum diberi perlakuan adalah “tidak terdeteksi”, sedangkan setelah diberi perlakuan adalah “tidak terdeteksi”. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan zeolit tidak mempengaruhi parameter sisa klor. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 parameter sisa klor air kolam renang yang diijinkan adalah 0,2-0,5 mg/L.

g. Tembaga sebagai Cu

Cu merupakan logam berat yang berbahaya bila kadarnya melebihi nilai ambang batas. Garam Cu (terusi) digunakan dalam air sebagai tambahan untuk mengontrol pertumbuhan biologi, mengendalikan mikroorganisme, alga, atau bibit lumut yang hidup dalam air, atau sebagai fungisida. Terusi juga digunakan untuk membuat air kolam bernuansa kebiru-biruan. Unsur ini dapat masuk ke dalam perairan dari debu-debu dan atau partikulat-partikulat Cu yang ada dalam lapisan udara yang dibawa turun oleh air hujan (Heryando Palar, 1994: 62).

Pemeriksaan hasil analisis terhadap parameter tembaga sebagai Cu dalam air kolam renang sebelum diberi perlakuan adalah 0,4379 mg/L, sedangkan setelah diberi perlakuan adalah 0,2816 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa

adsorpsi dengan menggunakan zeolit dapat menurunkan konsentrasi tembaga. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 parameter tembaga sebagai Cu yang diijinkan dalam air kolam renang adalah 0-1,5 mg/L.

h. Coliform total

Bakteri coliform adalah golongan bakteri intestinal, yaitu hidup didalam saluran pencernaan manusia. Bakteri coliform adalah bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik lain(Ning Sri Utami, 2012). Analisis yang digunakan untuk menentukan coliform total adalah dengan metode MPN yaitu perhitungan perkiraan terdekat jumlah bakteri dengan cara pengenceran dan jumlah sel yang diperoleh dicocokkan porsi tabung positif dengan tabel MPN. Pemeriksaan hasil analisis terhadap parameter coliform total dalam air kolam renang sebelum diberi perlakuan adalah 26/100mL, sedangkan setelah diberi perlakuan adalah < 1,8/100 mL.Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi dengan menggunakan zeolit dapat menurunkan jumlah coliform total. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 parameter coliform total yang diijinkan dalam air kolam renang adalah 0. Adanya kandungan bakteri koli dalam air kolam renang dapat menimbulkan gangguan pada manusia terutama penyakit yang mudah ditularkan melalui media perantara air seperti diare, filariasis, disentri, dan lain-lain.

i. Jumlah Kuman

Metode yang digunakan untuk menentukan angka kuman adalah metode pour plate, yaitu metode isolasi bakteri dengan cara menuangkan contoh uji ke dalam cawan petri diikuti dengan menuangkan media agar pada cawan tersebut. ALT (Angka Lempeng Total) merupakan jumlah koloni yang tumbuh pada media agar.

Pemeriksaan hasil analisis terhadap parameter jumlah kuman dalam air kolam renang sebelum diberi perlakuan adalah 2700 CFU, sedangkan setelah diberi perlakuan adalah 5 CFU. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi dengan menggunakan zeolit dapat menurunkan jumlah kuman. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 parameter jumlah kuman yang diijinkan dalam air kolam renang adalah 200/100 mL.

2. Penurunan Konsentrasi Ion Logam Aluminium

Pada penelitian ini digunakan zeolit alam yang telah dicuci dengan air mengalir dan direndam dengan akuades selama semalam. Dalam perlakuan ini tidak dilakukan aktivasi secara kimia maupun fisika karena jumlah zeolit yang digunakan cukup banyak sehingga akan tidak praktis dan efektif jika dilakukan aktivasi.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ayuk Sulistya Rini(2014) menunjukkan bahwa zeolit yang tidak teraktivasi memiliki kemampuan adsorpsi cukup tinggi terhadap logam besi. Zeolit yang tidak teraktivasi mampu mengadsorpsi besi dalam larutan simulasi hingga 100% dengan laju alir 1,88

L/menit sedangkan zeolit yang teraktivasi HCl mampu mengadsorpsi hingga 83,63%. Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan terjadi kesalahan dalam proses aktivasi seperti penambahan asam yang berlebih. Pada pH yang rendah adsorben akan terikat kuat dengan ion H^+ dari asam berlebih sehingga pertukaran kation besi dengan kation pada rongga zeolit menjadi terhalang. Hal ini menunjukkan kemampuan zeolit yang teraktivasi tidak selalu lebih baik dari zeolit tidak teraktivasi.

a. Menentukan Efektivitas adsorpsi dengan Zeolit pada Variasi Waktu Kontak

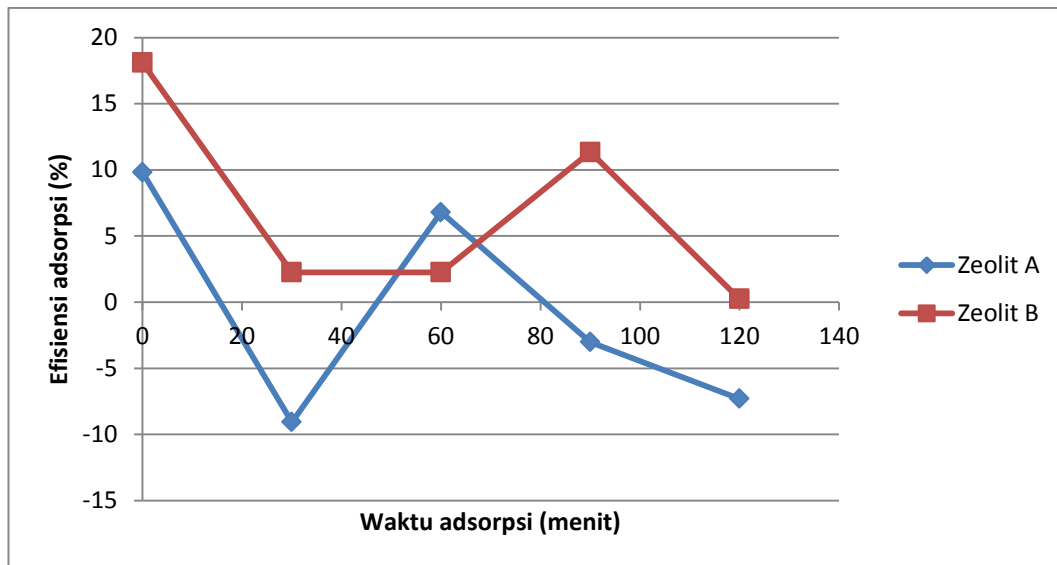
Zeolit alam yang telah digunakan dalam waktu yang lama maka permukaan zeolit akan menjadi jenuh. Pengembalian permukaan zeolit yang sudah jenuh dapat dilakukan dengan proses cuci balik (regenerasi). Regenerasi ini diperlukan untuk membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada permukaan zeolit. Regenerasi dapat dilakukan dengan cara yang sama dengan aktivasi kemudian dilanjutkan dengan pembilasan dengan aquadest untuk menghilangkan sisa-sisa larutan (regenerat).

Berdasarkan dari hal tersebut dapat dipastikan bahwa zeolit pada penelitian ini jika digunakan terus-menerus maka efektivitas dalam menurunkan ion logam aluminium dalam air kolam renang akan berkurang seiring bertambahnya waktu penggunaan. Pada penelitian variasi waktu kontak yang digunakan adalah 1 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit dengan konsentrasi awal ion logam aluminium 3,583 mg/L, volume adsorbat 80 L, dan massa adsorban 75 kg. Waktu kontak optimum yang diperoleh dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 12.

Waktu kontak zeolit dengan sampel berpengaruh terhadap proses difusi dan proses penempelan molekul adsorbat. Waktu kontak optimum digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam proses adsorpsi ion logam aluminium oleh adsorben hingga titik maksimum. Waktu kontak juga dapat digunakan untuk mengetahui bahwa adsorben telah mengalami titik jenuh yaitu melampaui waktu setimbangnya penyerapan sehingga tidak mampu lagi menyerap ion logam aluminium.

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, dapat terlihat bahwa data penurunan konsentrasi ion pada logam aluminium pada zeolit A (10 mesh) pada pada menit pertama adalah 0,352 ppm ; menit ke-30 adalah -0,325 ppm; menit ke-60 adalah 0,2435 ppm; menit ke-90 adalah -0,1085 ppm dan menit ke-120 adalah -0,262 ppm. Sedangkan untuk zeolit B dapat terlihat bahwa data penurunan konsentrasi ion pada logam aluminium pada pada menit pertama adalah 0,649 ppm ; menit ke-30 adalah 0,081 ppm; menit ke-60 adalah 0,081 ppm; menit ke-90 adalah 0,406 ppm dan menit ke-120 adalah 0,009 ppm.

Efisiensi adsorpsi zeolit dalam menurunkan ion logam aluminium dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 12. Grafik Efisiensi Adsorpsi Aluminium oleh Zeolit A dan Zeolit B pada Variasi Waktu Kontak

Berdasarkan Gambar 12 menunjukkan efisiensi adsorpsi ion logam aluminium pada zeolit A (10 mesh) dan zeolit B (5 mesh). Gambar ini memberikan informasi bahwa untuk zeolit A efisiensi pada menit pertama adalah 9,82%, menit ke-30 adalah -9,07%; menit ke-60 adalah 6,79%; menit ke-90 adalah -3,02% dan menit ke-120 adalah -7,31%. Dari data dapat terlihat bahwa pada menit ke 30; 90; dan 120 menunjukkan hasil efisiensi yang negatif, yang berarti konsentrasi aluminium dalam sampel bertambah. Hal ini dimungkinkan karena adanya ion aluminium dari zeolit yang ikut larut dalam sampel. Efisiensi penurunan konsentrasi ion logam aluminium paling efektif adalah pada menit pertama yaitu sebesar 0,352 ppm atau 9,82%.

Pada zeolit B (5 mesh) menunjukkan bahwa pada menit pertama adalah 18,11%; menit ke-30 adalah 2,26%; menit ke-60 adalah 2,26%, menit ke-90 adalah 11,34% dan menit ke-120 adalah 0,009%. Dari data tersebut dapat terlihat

bahwa zeolit B (5 mesh) mempunyai nilai efisiensi yang lebih tinggi dalam mengadsorpsi ion logam aluminium dalam sampel. Efisiensi penurunan konsentrasi ion logam aluminium paling efektif adalah pada menit pertama yaitu sebesar 0,649 ppm atau 18,11%.

b. Menentukan Efektivitas Zeolit pada Variasi Ukuran Zeolit

Variasi yang dipelajari pada penelitian ini salah satunya adalah variasi ukuran zeolit. Ukuran zeolit yang digunakan adalah ukuran 10 mesh (zeolit A) dan ukuran 5 mesh (zeolit B).

Penelitian berjudul variasi diameter zeolit untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali oleh Khimayah (2014) menunjukkan bahwa zeolit yang paling efisien dalam menurunkan kadar Fe adalah zeolit dengan diameter terkecil (0,1-0,5mm) dengan nilai efisiensi sebesar 86,73%. Makin kecil diameter atau ukuran zeolit yang digunakan maka makin besar efisiensi yang diberikan.

Makin besar luas permukaan suatu adsorben, semakin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben. Semakin kecil ukuran partikel, permukaan aktif adsorben semakin luas sehingga kapasitas adsorpsinya semakin meningkat.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada zeolit A (ukuran 10 mesh) rata-rata efisiensi adsorpsinya 0,558% sedangkan untuk zeolit B (ukuran 5 mesh) memiliki rata-rata efisiensi adsorpsi 6,84%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa zeolit B memiliki efisiensi adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan

zeolit A. Secara keseluruhan zeolit B yang ukurannya lebih besar memiliki efektivitas yang lebih tinggi.

Anomali ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain tidak dilakukan aktivasi ataupun kalsinasi terhadap zeolit yang digunakan untuk proses adsorpsi, sehingga senyawa pengotor yang terdapat pada zeolit tidak terlarutkan dan menutupi pori-pori zeolit. Pada zeolit A rata-rata efisiensi menunjukkan hasil yang negative (-) yang berarti dalam sampel tersebut terjadi penambahan ion logam aluminium, yang dimungkinkan berasal dari aluminium zeolit yang ikut larut dalam sampel. Zeolit B rata-rata efisiensi sebesar 6,84%.

Berdasarkan hasil yang diperoleh terlihat bahwa penurunan konsentrasi ion logam aluminium dalam sampel air kolam renang dengan menggunakan zeolit sebagai adsorben tidak efektif. Metode ini tidak mampu menyerap ion logam aluminium yang terdapat dalam air kolam renang untuk memenuhi baku mutu air kolam renang sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 yaitu konsentrasi ion logam aluminium yang diperbolehkan sebesar 0-0,2 mg/L.

Namun secara keseluruhan penggunaan zeolit pada pengolahan air dapat memperbaiki kualitas sehingga air kolam renang yang telah diolah lebih aman untuk digunakan. Perbaikan kualitas air kolam renang yang banyak dilakukan saat ini adalah dengan sistem sirkulasi air yang terus menerus dan dengan penambahan bahan kimia untuk mengendapkan kotoran serta membunuh mikroba tanpa memperhatikan kandungan logam-logam yang ada di dalam air tersebut. Untuk itu penurunan kadar logam dan pengolahan air kolam renang dengan metode adsorpsi

kolom dianjurkan untuk memperbaiki kualitas air kolam renang dan meminimalkan penggunaan bahan kimia.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dikemukakan kesimpulan sebagai berikut :

1. Efektivitas zeolit menurunkan konsentrasi ion logam aluminium rendah yaitu zeolit A menunjukkan rata-rata efisiensi sebesar -0,558% sedangkan untuk zeolit B mampu menurunkan konsentrasi ion logam aluminium hingga 6,84%.
2. Zeolit B (ukuran 5 mesh) memiliki efisiensi adsorpsi yang lebih tinggi yaitu 6,84% dibandingkan dengan zeolit A (ukuran 10 mesh) yang memiliki rata-rata efisiensi adsorpsi -0,558%.
3. Efektivitas adsorpsi zeolit A maupun zeolit B paling efektif adalah pada saat menit pertama.

B. SARAN

Beberapa saran yang dapat diajukan antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan kondisi analisis yang berbeda untuk penurunan ion logam aluminium dalam air kolam renang.
2. Perlu dilakukan penelitian terhadap parameter lainnya seperti kalsium (Ca) yang terdapat dalam air kolam renang akibat penambahan bahan kimia seperti kaporit.

3. Perlu adanya penambahan unit pengolahan air seperti saringan pasir lambat dan adsorben arang aktif untuk memperbesar efisiensi adsorpsi zeolit dalam merununkan konsentrasi aluminium.
4. Perlu dilakukan penelitian dengan metode yang sama, namun dengan debit yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Annadurai, Juang R.S. and Lee D.J. (2012). Factorial Design Analysis of Dye on Activated Carbon Beads Incorporated with calcium Alginate. *Journal Of Advance Enviroment of Research*. 6: 191-198
- Atkins.P.W (1997).*Kimia Fisika Jilid I I*. Jakarta : Erlangga
- Ayuk Sulistya Rini. (2014). Zeolit Alam Sebagai Adsorben Logam Besi dalam Air Sumur dengan Metode Adsorpsi Kolom.*Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Cheung, R. C. K.; Chan, M. H. M.; Ho, C. S.; Lam, C. W. K. and Lau, E. L. K. (2001). *Heavy Metal Poisoning Clinical Significanceand Laboratory Investigation*. Asia Pasific Analyte Notes. B. D Indispensable to Human Health. Vol 7. No. 1.Hong Kong.
- Departemen Kesehatan RI. (1990). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990, Tentang persyaratan kolam renang dan pemandian umum*. Jakarta: Ditjen PPM dan PLP
- Deni Swantomo, Noor Anis Kundari, Satriawan Luhur Pambudi. (2009). *Adsorpsi Fenol dalam Limbah dengan Zeolit Alam Terkalsinasi. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta : Sekolah Cepat Teknologi Nuklir BATAN. Hal :705-714.
- Departemen Kesehatan RI. (1999). *Profil Kesehatan Indonesia*. Jakarta: Ditjen PPM dan PLP.
- Dewi Yunita Lestari. (2010). Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010*. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Dian Wahyu C. dan Retno Ariyani. (2013). Kualitas Air dan keluhan Kesehatan Pengguna Kolam Renang di Sidoarjo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*.Vol.7 No. 1. Hlm. 26-31
- Dixon and Weed. (1989). *Minerals in Soil Enviroments*.USA : SSSA Book Series.
- Endang Darajat. (2005). Kesesuaian Resiko Pencemaran Antara Inspeksi Sanitasi dan Pemeriksaan Bakteriologi pada Air Kolam Renang di DKI Jakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 1 No. 2.
- Effendi. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.

- Furqon Affandi dan Hendri Hadisi. (2011). *Pengaruh Metode Aktivasi Zeolit sebagai Bahan Penurun Temperatur Campuran Beraspal Hangat. Abstrak Hasil Penelitian Pusat Litbang Jalan dan Jembatan*. Bandung: PUSJATAN.
- Giyatmi.(2008). *Penurunan Kadar Cu, Cr dan Ag dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi Dengan Tanah Liat dari Daerah Godean*. Yogyakarta: Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir.
- Guth, Jean_Louis & Kessles Henry.(1999). *Synthesis of Alumino Silicate Zeolites and Related Silica Based Materials Catalysis and Zeolites Fundamentals and Application*. Berlin : Springer
- Hanafi Idham Kholid.(2015).Efektivitas Zeolit Alam Untuk Menurunkan Kadar Besi Dalam Air Sumur Di Desa Dinotirto Kretek Bantul. *Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Heryando Palar.(2004). *Pencemaran dan Toksikologi Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- K.H Sugiyarto.(2003). *Kimia Anorganik III*. Yogyakarta : FMIPA UNY.
- Khimayah.(2014). Variasi Diameter Zeolit Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali.*Skripsi*.Semarang : UNDIP
- Kuronen. M, Weller. M, Townsend. R, dan Harjular.R. (2011). *Ion Exchange Selectivity and Structural Changes in Highly Aluminous Zeolite*. *React. Funct.*66. 1350-1361.
- Laeli Kurniasari, dkk. (2011). Aktivasi Zeolit Alam sebagai Adsorben pada Alat Pengering Bersuhu Rendah. *Abstrak Hasil Penelitian Universitas Diponegoro*. Semarang: Fakultas Teknik UNDIP.
- Murat. A, Abdulkerim. K,Orhan. A dan Yuda.Y .(2006). Removal of Silver (I) from Aqueous Solutions with Clinoptolite. *Journal Microporous and Mesoporous Materials*.94.99-104.
- Ning Sri Utami.(2012). *Kaitan Pencemaran Bakteri Coliform dan Bakteri E-Coli Pada Air Sumur Penduduk Dengan Kepadatan Permukiman Di kecamatan jebres kota Surakarta tahun 2012*. Surakarta : FKIP UNS Surakarta
- Noor Anis Kundari dan Slamet Wiyuniati. (2008). Tinjauan Keseimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta: BATAN.
- Nusa Idaman Said. (2006). *Teknologi pengelolaan Air Minum*.Jakarta : BPPT

- Ozkan.F.C dan S. Ulku.(2005). The Effect of HCl Treatment on Water Vapor Adsorption Characteristic of Clinoptilolite Rich Natural Zeolite.*Journal Microporus and Mesoporous Materials*.Vol 77. Hal 47-53
- Paduraru, Carmen. dan Tofan, Lavinia. (2008). Investigations on the Possibility of Natural Hemp Fibres Use for Zn(II) Ions Removal from Wastewaters. *Enviroment Engineering and Management Journal*. Vol.7 No. 6. Hlm.687-693
- Rr. Putri Febriningtyas.(2014). Pemisahan Ion Logam Kalsium(II) pada Air Sungai Bawah Tanah Pantai Baron Dengan Zeolit Alam Menggunakan Kolom Adsorpsi. *Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Sismadiyanto dan Ermawan Susanto. (2009). Pelatihan Dasar-Dasar Keamanan Air Bagi Pengawas Kolam Renang (Lifeguard) Se-DIY. *Jurnal Inovasi dan Aplikasi Teknologi*. Vol 13. No. 2 Agustus 2009. Hlm. 1
- Sukandarrumini.(1990). *Bahan Galian Industri*.Yogyakarta : Fakultas Teknik UGM
- Sukardjo.(2012). *Kimia Fisika*. Yogyakarta : Rineka Cipta
- Supraptiningsih.(2011). Adsorpsi dan Desorpsi Krom Pada Zeolit Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan.*Prosiding*, Seminar Nasional Kimia.Surakarta : PMIPA UNS
- Surdia, T. dan Chijiwa K.(1991). *Teknik Pengecoran Logam, PT Pradnya Paramita*. Jakarta.
- Sutarti dan Rahmawati, (1994).*Zeolit Tinjauan Literatur*.Jakarta : Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Suyanta, Hanafi Idham Kholid dan Bambang S. (2015).Pemisahan Ion Logam Ca dan Fe dalam Air Sumur Secara Kolom Adsorpsi dengan Zeolit dan Karbon Aktif.*Jurnal Sains Dasar*.Vol. 4 No.1.Hlm 87-91
- Vogel. (1979). *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: Kalman Media Pustaka.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Penentuan Garis Linier Larutan Standar Aluminium

Tabel 7. Data Intensita Larutan Standar

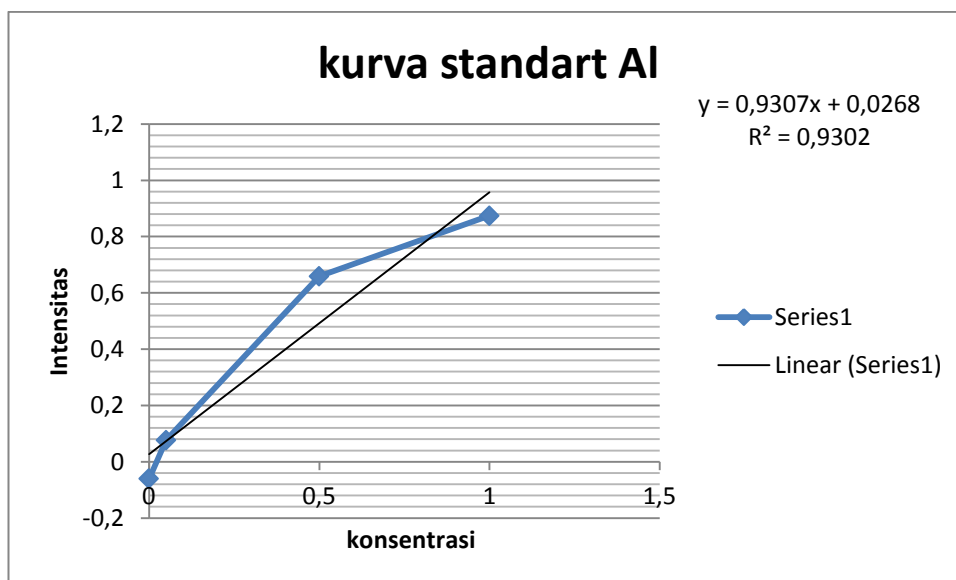
Standard	Konsentrasi (ppm)	Intensitas
Standard 1	0	-0,060
Standard 2	0,050	0,077
Standard 4	0,500	0,659
Standard 5	1,000	0,874

Persamaan garis regresi linier :

$$A = aC + b$$

Dengan nilai : intersep = $b = 0,042347$

slope = $a = 0,14422$



Gambar 13. Kurva larutan standar Al

Lampiran 2
Konsentrasi Ion Aluminium pada Sampel Air Kolam Renang Sebelum dan Setelah Interaksi dengan Zeolit

Tabel 8. Data konsentrasi ion Aluminium pada sampel air kolam renang pada variasi ukuran zeolit dan waktu sirkulasi

Nama Sampel	Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)
Sampel awal	AB0	3,583
Zeolit 10 mesh		
1 menit	A1	3,231
30 menit	A2	3,908
60 menit	A3	3,339
90 menit	A4	3,692
120 menit	A5	3,845
Zeolit 5 mesh		
1 menit	B1	2,934
30 menit	B2	3,502
60 menit	B3	3,502
90 menit	B4	3,176
120 menit	B5	3,574

Lampiran 3
Perhitungan Efisiensi Adsorpsi Zeolit Ukuran 10 mesh dan 5 mesh pada
Sampel Air Kolam Renang dalam Satuan %

A. Zeolit 10 mesh

1. A1 (1 menit)

- Konsentrasi awal = 3,583 ppm
- Konsentrasi akhir = 3,231 ppm
- Penurunan konsentrasi = $(3,583 - 3,231)$ ppm
= 0,352 ppm
- Efisiensi adsorpsi = $\frac{0,352}{3,583} \times 100\%$
= 9,82%

2. A2 (30 menit)

- Konsentrasi awal = 3,583 ppm
- Konsentrasi akhir = 3,908 ppm
- Penurunan konsentrasi = $(3,583 - 3,908)$ ppm
= -0,325 ppm
- Efisiensi adsorpsi = $\frac{-0,325}{3,583} \times 100\%$
= -9,07 %

3. A3 (60 menit)

- Konsentrasi awal = 3,583 ppm
- Konsentrasi akhir = 3,339 ppm
- Penurunan konsentrasi = $(3,583 - 3,339)$ ppm
= 0,2435 ppm

- Efisiensi adsorpsi $= \frac{0,2435}{3,583} \times 100\%$
 $= 6,79 \%$

4. A4 (90 menit)

- Konsentrasi awal $= 3,583 \text{ ppm}$
- Konsentrasi akhir $= 3,692 \text{ ppm}$
- Penurunan konsentrasi $= (3,583 - 3,692) \text{ ppm}$
 $= -0,1085 \text{ ppm}$
- Efisiensi adsorpsi $= \frac{-0,1085}{3,583} \times 100\%$
 $= -3.02 \%$

5. A5 (120 menit)

- Konsentrasi awal $= 3,583 \text{ ppm}$
- Konsentrasi akhir $= 3,845 \text{ ppm}$
- Penurunan konsentrasi $= (3,583 - 3,845) \text{ ppm}$
 $= -0,262 \text{ ppm}$
- Efisiensi adsorpsi $= \frac{-0,262}{3,583} \times 100\%$
 $= -7,31 \%$

Rata-rata efisiensi adsorpsi $= \frac{(9,82 + \{-9,07\} + 6,79 + \{-3,02\} + \{-7,31\})\%}{5}$
 $= -0,558\%$

B. Zeolit 5 mesh

1. B1 (1 menit)

- Konsentrasi awal $= 3,583 \text{ ppm}$
- Konsentrasi akhir $= 2,934 \text{ ppm}$

- Penurunan konsentrasi = $(3,583 - 2,934)$ ppm
= 0,649 ppm
- Efisiensi adsorpsi = $\frac{0,649}{3,583} \times 100\%$
= 18,11 %

2. B2 (30 menit)

- Konsentrasi awal = 3,583 ppm
- Konsentrasi akhir = 3,502 ppm
- Penurunan konsentrasi = $(3,583 - 3,502)$ ppm
= 0,081 ppm
- Efisiensi adsorpsi = $\frac{0,081}{3,583} \times 100\%$
= 2,26 %

3. B3 (60 menit)

- Konsentrasi awal = 3,583 ppm
- Konsentrasi akhir = 3,502 ppm
- Penurunan konsentrasi = $(3,583 - 3,502)$ ppm
= 0,081 ppm
- Efisiensi adsorpsi = $\frac{0,081}{3,583} \times 100\%$
= 2,26%

4. B4 (90 menit)

- Konsentrasi awal = 3,583 ppm
- Konsentrasi akhir = 3,176 ppm
- Penurunan konsentrasi = $(3,583 - 3,176)$ ppm

$$= 0,4065 \text{ ppm}$$

- Efisiensi adsorpsi $= \frac{0,4065}{3,583} \times 100\%$

$$= 11,34 \%$$

5. B5 (120 menit)

- Konsentrasi awal $= 3,583 \text{ ppm}$

- Konsentrasi akhir $= 3,574 \text{ ppm}$

- Penurunan konsentrasi $= (3,583 - 3,574) \text{ ppm}$

$$= 0,009 \text{ ppm}$$

- Efisiensi adsorpsi $= \frac{0,009}{3,583} \times 100\%$

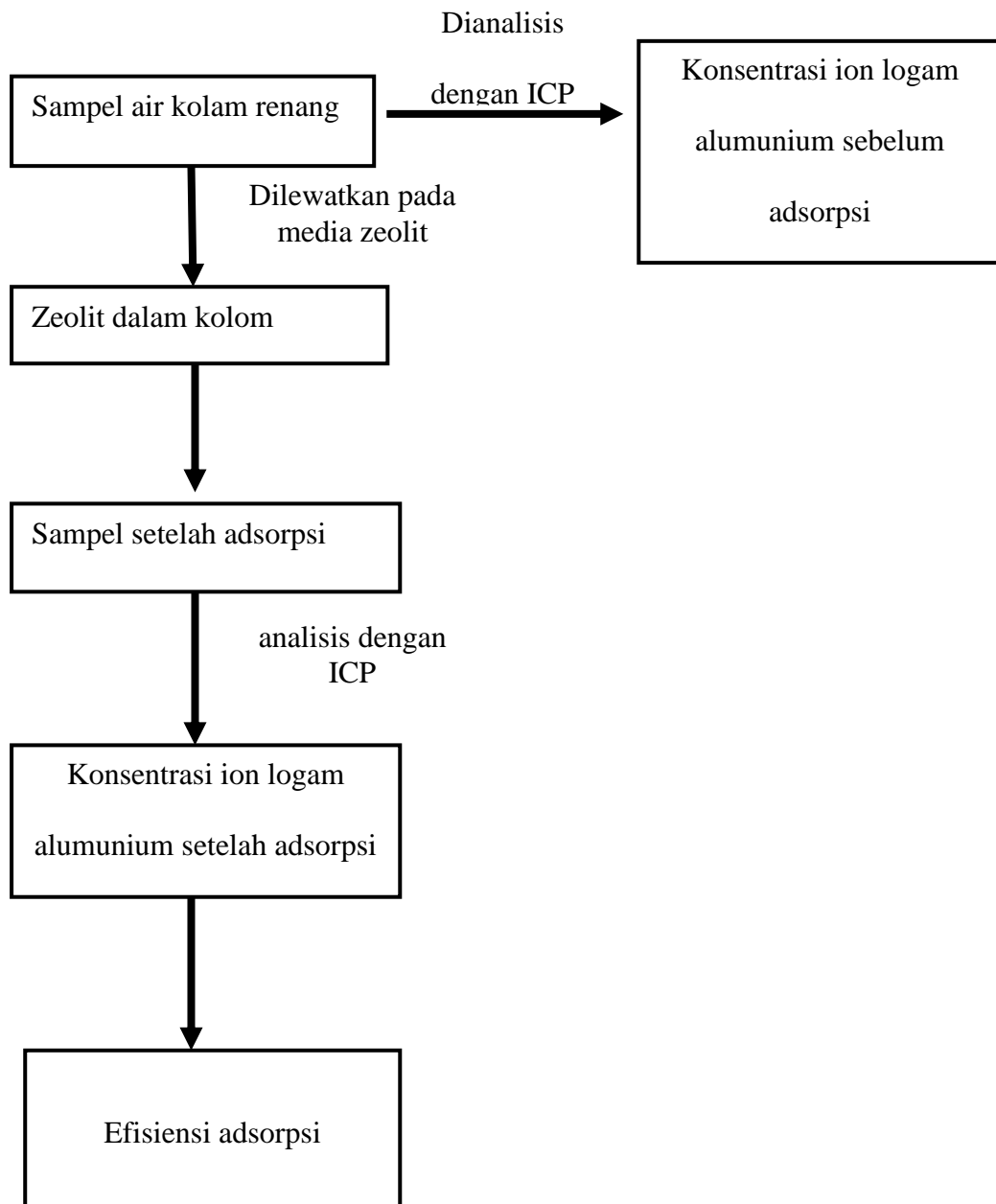
$$= 0,25 \%$$

Rata-rata efisiensi adsorpsi $= \frac{(18,11+2,26+2,26+11,34+0,25)\%}{5}$

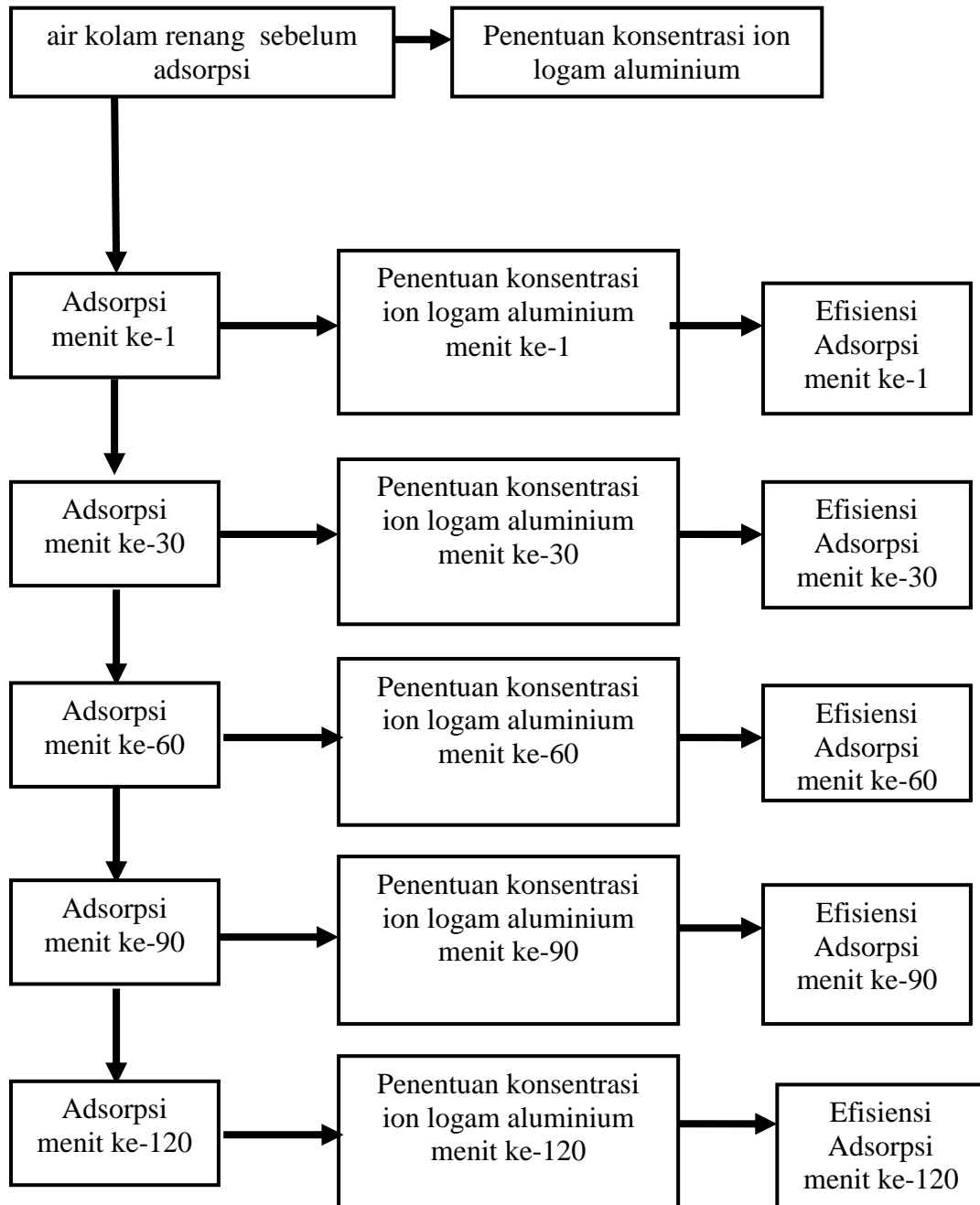
$$= 6,84\%$$

Lampiran 4
Diagram Alir Prosedur Penelitian

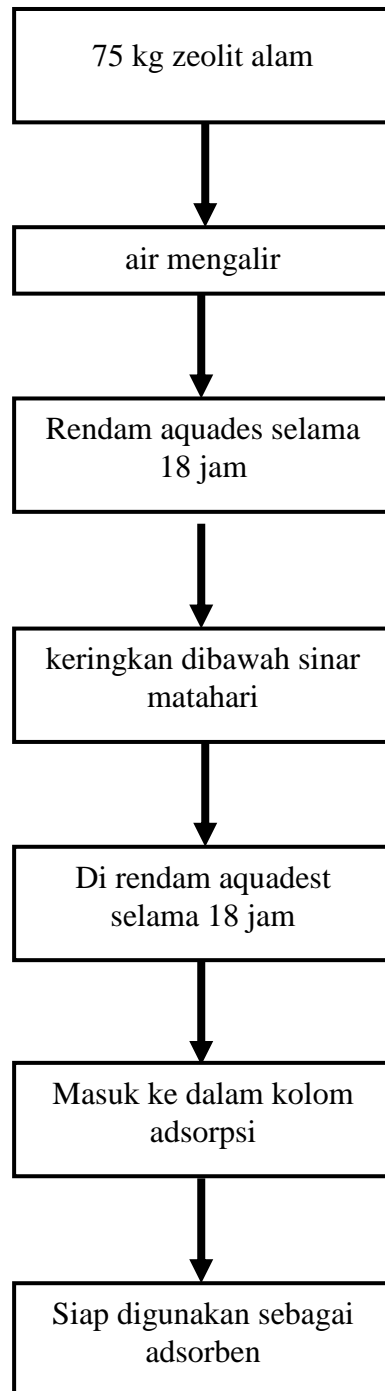
A. Penentuan Efisiensi adsorpsi zeolit dalam menurunkan ion logam alumunium.



B. Penentuan Daya Jerap Zeolit pada Variasi Waktu Sirkulasi



Lampiran 5
Diagram Penyiapan Zeolit



Lampiran 6
Baku Mutu Air Kolam Renang
PMK No. 416/MENKES/PER/IX/1990

Lampiran III

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia

Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal : 3 September 1990

DAFTAR PERSYARATAN AIR KOLAM RENANG

No.	Parameter	Satuan	Kadar yang diperbolehkan		Keterangan
			Minimum	Maksimum	
A.	FISIKA				
1.	Bau	-	-	-	Bebas dari bau yang mengganggu
2.	Benda terapung	-	-	-	Bebas dari benda terapung
3.	Kejernihan	-	-	-	Piringan sechi yang diletakkan pada dasar kolam yang terdalam, dapat dilihat dari tepi kolam pada jarak lurus 9 meter
B.	KIMIA				
1.	Aluminium	mg/L	-	0,2	Dalam waktu 4 jam pada suhu udara
2.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	50	500	
3.	Oksigen terabsorbsi (O ₂)	mg/L	-	1	
4.	pH	-	6,5	8,5	
5.	Sisa Chlor	mg/L	0,2	0,5	
6.	Tembaga sebagai Cu	mg/L	-	1,5	
C.	MIKRO BIOLOGI				
1.	Koliform total	Jumlah per 100 mL	-	0	
2.	Jumlah kuman	CFU	-	200	

Catatan : Sumber air kolam renang adalah air bersih yang memenuhi persyaratan sesuai surat keputusan Menteri Kesehatan ini

Ditetapkan di : J A K A R T A
 Pada tanggal : 3 September 1990
 Menteri Kesehatan Republik Indonesia

Ttd

Dr. Adhyatma, MPH

Lampiran 7
Hasil Analisis Ion Logam Aluminium dalam Air Kolam Renang

Pengujian Alluminium - Yulianta							
Sample ID	Sym.	Wavelength	Conc.	Intensity	BG Pt 1	BG Pt 2	Raw Int
				-629	-63154	-55406	-59909
st 1 - 1	Al	167.079	-	-553	-4092	-4065	-4632
st 2 - 1	Al	167.079	-	-248	-778	-1149	-1211
st 3 - 1	Al	167.079	-	-231	82	-315	-347
st 4 - 1	Al	167.079	-	-112	328	13	58
st 5 - 1	Al	167.079	-	-227	578	282	203
st 6 - 1	Al	167.079	-	-209	631	371	291
st 7 - 1	Al	167.079	-	-223	747	489	394
st 8 - 1	Al	167.079	-	-272	631	348	217
bl - 1	Al	167.079	0.5848	-239	713	441	337
i ppm - 1	Al	167.079	0.6444	-173	646	498	398
0.5 ppm - 1	Al	167.079	0.7636	-199	900	651	576
AB - 1	Al	167.079	0.7166	-238	952	681	577
SAMPEL A.1 - 1	Al	167.079	0.6462	-163	901	722	648
SAMPEL A.2 - 1	Al	167.079	0.7816	-225	988	819	678
SAMPEL A.3 - 1	Al	167.079	0.6697	-187	958	731	656
SAMPEL A.4 - 1	Al	167.079	0.7383	-170	830	761	624
SAMPEL A.5 - 1	Al	167.079	0.7690	-272	814	564	417
SAMPEL B.1 - 1	Al	167.079	0.5848	-208	886	637	553
SAMPEL B.2 - 1	Al	167.079	0.7004	-208	948	696	614
SAMPEL B.3 - 1	Al	167.079	0.7004	-244	873	814	599
SAMPEL B.4 - 1	Al	167.079	0.6353	-200	1009	860	734
SAMPEL B.5 - 1	Al	167.079	0.7148				

Lampiran 8

Hasil Analisis Parameter Air Kolam Renang

1. Parameter Kimia Air Kolam Renang Sebelum di Adsorpsi



KEMENTERIAN KESEHATAN RI
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PENYAKIT DAN
PENYEHATAN LINGKUNGAN
BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN
PENGENDALIAN PENYAKIT YOGYAKARTA

Jalan Wiyoro Lor No. 21 Baturetno, Banguntapan,
 Bantul, Yogyakarta 55197
 E-mail : info@btkljogja.or.id

Telp. : (0274) 371588 Hunting, 443283
 Fax. : (0274) 443284
 Website : www.btkljogja.or.id

FR/VIII.3/12/Rev.7

LAPORAN HASIL UJI
K/ /2016

Hal. 1 dari 1 hal

Pengujian Laboratorium Fisika Kimia Air

No. contoh uji : 3.018 K

Jenis contoh uji : Air kolam renang

Asal contoh uji : Siti Kholifah, Mhs. Fak. MIPA, Kimia UNY, Yogyakarta No. Mhs. 12307144036.

Pengambil contoh uji : Siti Kholifah (Pelanggan)

Tgl. diambil diterima : 1-3-2016 / 1-3-2016

Tgl. Pengujian : 1-3-2016 s.d 11-3-2016

Uraian :
 3.018 K. Contoh uji air kolam renang sebelum dianalisis (awal)

No	Parameter	satuan	Hasil uji	Methode Uji
			3.018 K	
1	Aluminium	mg/L	0,2503	APHA 2012,Section 31200- B
2	Kesadahan	mg/L	125,25	SNI 06-6989.12-2004
3	Oksigen terasorbsi	mg/L	0,3	APHA 2012,Section 4500- OG
4	Sisa Chlor	mg L	tak terdeteksi	SNI 06-1664-2005
5	Mn*	mg L	0.0161	SNI 6989.5-2009

Keterangan : * : Parameter terakreditasi.
Contoh uji tidak diawetkan.

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin
 Manajer Puncak Laboratorium Penguji dan Kalibrasi BBTCL PP Yogyakarta, kecuali secara lengkap.
 3. Semua parameter diuji di Laboratorium.


Yogyakarta, 24 Maret 2016

Deputi Manajer Teknik Lab. Fisika Kimia Air


Nila Cakrawati, S.T., M.Sc.
 NIP 196807301993032001



2. Parameter Mikrobiologi Air Kolam Renang Sebelum di Adsorpsi



KEMENTERIAN KESEHATAN RI
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PENYAKIT DAN
PENYEHATAN LINGKUNGAN
BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN
PENGENDALIAN PENYAKIT YOGYAKARTA



Jalan Wiyoro Lor No. 21 Baturetno, Banguntapan,
 Bantul, Yogyakarta 55197
 E-mail : info@btkljogja.or.id

Telp. : (0274) 371588 Hunting, 443283
 Fax. : (0274) 443284
 Website : www.btkljogja.or.id

FR/VIII.3/12-B/ Rev.7

LAPORAN HASIL UJI
/B/ III /2016

Hal 1 dari 1 hal

Pengujian Laboratorium Biologi Lingkungan

00000549

No Contoh Uji : 3.019 B
 Jenis Contoh Uji : Air Kolam Renang
 Asal Contoh Uji : Siti Kholifah,
 Mhs. Fak. MIPA KIMIA, UNY, Yogyakarta.
 Pengambil Contoh Uji : Siti Kholifah (Pelanggan)
 Tanggal diambil/ diterima : 1-3-2016/1-3-2016
 Tanggal pengujian : 1-3-2016 s/d 5-3-2016


Uraian:
 3.019 B : Contoh uji air kolam renang sebelum dianalisis (awal).

No. Contoh uji		3.019 B		Metode Uji	Kadar maksimum yang diperbolehkan**
Waktu Pengambilan/Pengujian		11.00/14.20			
Parameter	Satuan	Hasil Uji			
1. Total Coliform *	Jumlah/ 100mL	26		APHA 2012, Section 9221-B	0
2. Angka Lempeng Total (ALT)/ Jumlah Kuman*	CFU/ mL	2.700		APHA 2012, Section 9215-B	200

Keterangan :
 *) : Parameter terakreditasi
 **) : Permenkes RI No. 416/MENKES/Per/IX/1990 Tentang syarat – syarat dan Pengawasan Kualitas Air Kolam Renang
 CFU : Colony Forming Units

Catatan :
 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin
 . Manajer Puncak Laboratorium Penguji dan Kalibrasi
 BBTCLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 29 Maret 2016
 Deputi Manajer Teknik
 Laboratorium Biologi Lingkungan



Rr. Winarti Rahayu, S.Si
 NIP. 195901241982032002

3. Parameter Kimia Air Kolam Renang Setelah di Adsorpsi



KEMENTERIAN KESEHATAN RI

DIREKTORAT JENDERAL PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT

BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT YOGYAKARTA

Jalan Wiyoro Lor No. 21 Baturetno, Banguntapan, Telp. : (0274) 371588 Hunting, 443283
Bantul, Yogyakarta 55197 Fax. : (0274) 443284
E-mail : info@btkljogja.or.id Website : www.btkljogja.or.id

FR/VIII.3/12/Rev.7

LAPORAN HASIL UJI
K/ 10 /2016

Hal. 1 dari 1 hal

0091106

Pengujian Laboratorium Fisika Kimia Air

No. contoh uji : 4.646 K
 Jenis contoh uji : Air kolam renang
 Asal contoh uji : Cerry Reggiani Catri, Mhs. Fak. MIPA Kimia UNY, Yogyakarta No. Mhs. 12307141034.
 Pengambil contoh uji : Cerry Reggiani Catri (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 22-3-2016 / 23-3-2016
 Tgl. Pengujian : 23-3-2016 s.d 11-4-2016

Uraian :
 4.646 K. Contoh uji air kolam renang

No	Parameter	satuan	Hasil uji	Methode Uji
			4.646 K	
1	Al	mg/L	< 0,0040	APHA 2012 Section 3120-B
2	Kesadahan*	mg/L	241,41	SNI 06-6989.12-2004
3	Oksigen terabsorpsi	mg/L	0,3	APHA 2012 Section 4500-OG
4	Sisa Chlor	mg/L	tak terdeteksi	SNI 06-1664-2005

Keterangan : * : Parameter terakreditasi.
Contoh uji tidak diawetkan.

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin
 Manajer Puncak Laboratorium Penguji dan Kalibrasi BTKLSP Yogyakarta, kecuali secara lengkap.
 3. Semua parameter diuji di Laboratorium.



Yogyakarta, 20 April 2016

Deputi Manajer Teknik Lab. Fisika Kimia Air


Nila Cakrawati, S.T., M.Sc.
 NIP. 196807301993032001



4. Parameter Mikrobiologi Air Kolam Renang Setelah di Adsorpsi

	KEMENTERIAN KESEHATAN RI DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PENYAKIT DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT YOGYAKARTA	 <small>Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Penguji LP - 251 - IDN</small>
<small>Jalan Wiyoro Lor No. 21 Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta 55197 E-mail : info@btkljogja.or.id</small>		<small>Telp. : (0274) 371588 Hunting, 443283 Fax. : (0274) 443284 Website : www.btkljogja.or.id</small>

FR/VIII.3/12-B/ Rev.7

LAPORAN HASIL UJI
/B/  /2016

Hal 1 dari 1 hal

0001145

Pengujian Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji	:	4.911 B
Jenis Contoh Uji	:	Cairan
Asal Contoh Uji	:	Siti Kholifah, Mhs. Fak MIPA Kimia UNY Yogyakarta, No. Mhs. 12307144036.
Pengambil Contoh Uji	:	Siti Kholifah (Pelanggan)
Tanggal diambil/ diterima	:	1-4-2016/1-4-2016
Tanggal pengujian	:	1-4-2016 s/d 5-4-2016

Uraian:
4.911 B : Contoh uji sampel hasil sirkulasi.


No. Contoh uji		4.911 B	Metode Uji
Waktu Pengambilan/Pengujian		13.00/14.40	
Parameter	Satuan	Hasil Uji	
1. Total Coliform *	Jumlah/ 100mL	< 1,8	APHA 2012, Section 9221-B
2. Angka Lempeng Total (ALT)/ Jumlah Kur:an*	CFU/ mL	5	APHA 2012, Section 9215-B


Keterangan :
*) : Parameter terakreditasi

Catatan :

1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji
2. Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Manajer Puncak Laboratorium Penguji dan Kalibrasi BBTCLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 26 April 2015
Deputi Manajer Teknik
Laboratorium Biologi Lingkungan




Rr. Winarti Rahayu, S.Si
NIP. 195901241982032002

Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian



Zeolit A (10 mesh)



Zeolit B (5 mesh)



Sampel Air Kolam Renang



Hasil perlakuan zeolit A



Hasil perlakuan zeolit B



Rangkaian alat



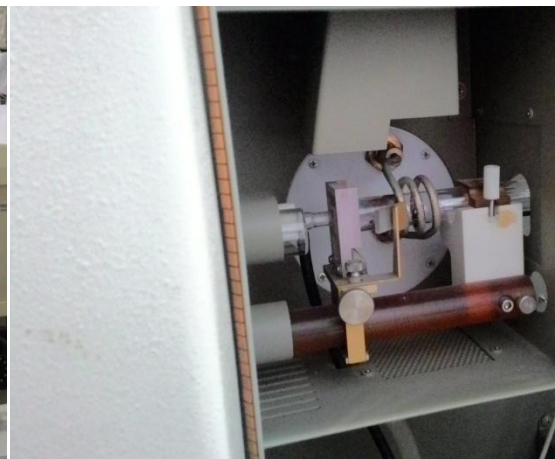
Ember penampung



Pompa air



Inductively Coupled Plasma



Instrumen ICP

